



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil  
Curso de Graduação em Engenharia Civil

---

Gabriel Mônaco Balduino

Comparativo econômico entre os sistemas construtivos: estrutura aporricada de concreto armado com fechamento em blocos cerâmicos e alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto – estudo de caso

Ouro Preto  
2016

Gabriel Mônico Balduino

Comparativo econômico entre os sistemas construtivos: estrutura aporticada de concreto armado com fechamento em blocos cerâmicos e alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto – estudo de caso

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Jorge Brigolini Silva

Coorientador: Prof. Msc. José Maria Franco de Carvalho

Ouro Preto

2016

B179c Balduino, Gabriel Mônaco.

Comparativo econômico entre os sistemas construtivos: estrutura apertada de concreto armado com fechamento em blocos cerâmicos e alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto [manuscrito]: estudo de caso. / Gabriel Mônaco Balduino. – 2016. 43f.: il., graf., tab.

Orientadores: Prof. Dr. Guilherme Jorge Brigolini Silva.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil.  
Área de concentração: Engenharia Civil.

1. Engenharia civil. 2. Construção de concreto armado. 3. Construção civil – Estimativas – estudo de caso. 4. Construção civil - Alvenaria.


I. Universidade Federal de Ouro Preto. II. Título.


CDU:624


Gabriel Mônico Balduino

Comparativo econômico entre os sistemas construtivos: estrutura apertada de concreto armado com fechamento em blocos cerâmicos e alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto – estudo de caso

Monografia de conclusão de curso para obtenção do Grau de Engenheiro Civil na Universidade Federal de Ouro Preto, defendida e aprovada em 16 de março de 2016, pela banca examinadora constituída pelos professores:

  
Prof. Guilherme Jorge Brigolini Silva (D.Sc.) – Orientador – UFOP

  
Prof. José Maria Franco de Carvalho (M.Sc.) – UFV

  
Prof. Geraldo Donizetti de Paula (D.Sc.) – UFOP

## RESUMO

O presente estudo visa à análise econômica comparativa da aplicação de dois métodos construtivos: estrutura aporricada em concreto armado com fechamento em blocos cerâmicos (tijolos) e a alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto para um edifício exemplo, a fim de verificar qual dos sistemas resulta em menores custos. Pensando em empreendimentos com melhor custo benefício, buscou-se analisar um edifício de quatro pavimentos já construído no sistema convencional de concreto armado e adaptá-lo ao sistema autoportante, comparando-os e julgando qual se tornaria mais viável do ponto de vista financeiro. Portanto, a partir de quando se tem em mãos os projetos estrutural, elétrico e hidrossanitário do edifício em questão é que se pode determinar, através de levantamentos de custos, qual é a estrutura mais economicamente viável. Este trabalho, então, busca contribuir com a tomada de decisão estratégica sobre o melhor sistema construtivo a ser escolhido, abordando parâmetros como processos de projeto e execução, bem como custos e prazos, sempre visando à segurança, qualidade e economia, tornando o tema de grande interesse para as construtoras.

Palavras-chave: Métodos construtivos. Alvenaria estrutural. Comparativo econômico. Concreto armado. Estudo de caso.

## **ABSTRACT**

The present study aims to economic analysis of the application of two construction methods: reinforced concrete structures with clay masonry (bricks) and structural masonry with concrete blocks for an example building, in order to verify which one results in lower costs. Thinking about enterprises with better cost-effective, it sought to analyze a four-story building already built in reinforced concrete and adapt it to the freestanding system, comparing them and judging which one becomes more viable from a financial point of view. Therefore, from the moment in which one has at hand the structural, electrical and sanitary system designs it is that it can determine, through costs survey, which structure is more economically viable. This work, then, seeks to contribute to strategic decision making about the best building system to be chosen, addressing parameters as design and implementation processes as well as costs and times, and always looking for security, quality and economy, making the subject of great interest for construction undertakings.

Keywords: Constructive methods. Structural masonry. Economic comparison. Reinforced concrete. Case study.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	06
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b> .....	07
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	07
1.2.1	OBJETIVO PRINCIPAL.....	08
1.2.2	OBJETIVOS SECUNDÁRIOS.....	08
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	09
<b>2.1</b>	<b>Histórico</b> .....	09
<b>2.2</b>	<b>Alvenaria estrutural</b> .....	13
2.2.1	COMPONENTES.....	15
2.2.2	MODULAÇÃO.....	16
2.2.3	ESTRUTURA.....	18
2.2.4	EXECUÇÃO.....	19
2.2.5	VANTAGENS.....	21
2.2.6	DESVANTAGENS.....	22
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	24
<b>4</b>	<b>COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE OS DOIS SISTEMAS</b> .....	26
<b>4.1</b>	<b>Considerações</b> .....	26
4.1.1	FUNDAÇÕES.....	26
4.1.2	DADOS DE ENTRADA DO SOFTWARE CYPECAD.....	26
4.1.2.1	Concreto armado.....	26
4.1.2.2	Paredes de alvenaria estrutural.....	26
4.1.2.3	Blocos para alvenaria estrutural.....	27
4.1.2.4	Ações.....	27
<b>4.2</b>	<b>Levantamento de insumos e serviços</b> .....	27
4.2.1	EM CONCRETO ARMADO.....	28
4.2.2	EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....	31
4.2.2.1	Modulação.....	33
4.2.2.2	Adaptação das aberturas.....	34

4.2.2.3	Paredes hidráulicas.....	34
4.2.3	CUSTO TOTAL DO EMPREENDIMENTO.....	34
4.3	<b>Análise dos resultados.....</b>	<b>34</b>
4.3.1	FUNDAÇÕES, ESTRUTURA E VEDAÇÃO.....	35
4.3.2	EMPREENDIMENTO TOTAL.....	36
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
5.1	<b>Considerações finais.....</b>	<b>37</b>
5.2	<b>Propostas para trabalhos futuros.....</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>
	<b>ANEXO.....</b>	<b>42</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Em um cenário de crise econômica, a concorrência no setor da construção civil é ainda mais acirrada e tem levado as construtoras a considerar novas possibilidades de construção, sem abrir mão da qualidade para não perderem sua competitividade no mercado. Além disso busca-se a racionalização dos insumos e serviços, garantindo maior lucratividade.

Para se ofertar empreendimentos no mercado imobiliário com a maior probabilidade de venda possível, ainda na fase de concepção, faz-se necessário levar em conta vários parâmetros, dentre eles o melhor método construtivo a ser utilizado, afim de obter a minimização dos custos e prazos. Segundo Almeida (1990), está mais do que comprovado que, em qualquer que seja o empreendimento, as etapas de concepção e planejamento têm peso decisivo no desenvolvimento das fases posteriores e, conseqüentemente, no resultado final.

O surgimento do concreto armado, no começo do século XX, trouxe também um embasamento científico mais aprofundado, possibilitando a execução de estruturas mais ousadas e, desta maneira, levando a alvenaria estrutural ao status de antiquada e ineficiente. Entretanto, com o passar dos anos, a partir de novos estudos e melhorias na qualidade de seus materiais, notou-se grandes vantagens na sua utilização em relação ao método mais tradicional. Apesar de certo conservadorismo de empresas brasileiras, as vantagens da alvenaria estrutural acarretaram em um retorno inevitável. Porém, alguns preconceitos ficaram remanescentes, impedindo seu real aproveitamento.

A alvenaria estrutural é uma ótima alternativa para diminuição de custos. Não é de hoje que ela vem sendo utilizada, porém estudos recentes têm aumentado sua segurança, eficiência e economia.

Já é sabido da vantagem de sua utilização em habitações de interesse social, mas há poucos estudos comparativos, desse sistema em relação aos mais tradicionais para empreendimentos particulares, que comprovem numericamente suas vantagens financeiras. Os que já existem, em sua maioria, são desenvolvidos

pelas empresas fornecedoras dos blocos estruturais utilizados, causando certo receio de muitas construtoras. Por esta razão, a alvenaria estrutural será o foco deste trabalho.

O método mencionado vem ganhando espaço no mercado da construção civil, garantindo racionalização no canteiro de obras, além de reduzir consideravelmente o consumo de materiais e o desperdício, andando em direção à sustentabilidade, assunto bastante discutido atualmente. Muitas vezes não é adotado por fatores como: preconceito, maior domínio da tecnologia do concreto armado e pouca divulgação do assunto nas graduações. Muitos projetistas são leigos neste tema e acabam optando pelo sistema mais tradicional (ACCETTI, 1998).

Do outro lado está a estrutura aporricada de concreto armado, um método construtivo tradicional, mais difundido e amplamente empregado em todos os tipos de edificações, devido à sua facilidade de execução e adaptação às diversas formas e projetos mais arrojados.

## **1.1 Justificativa**

A realização deste estudo busca contribuir para a tomada de decisão estratégica sobre o mais adequado processo construtivo a ser adotado, sempre executado com segurança, abordando aspectos como processos de projeto e execução, orientação quanto às normas vigentes, custos e prazos. Este trabalho é então direcionado às construtoras que são responsáveis pela escolha do método construtivo que será adotado em seus empreendimentos.

## **1.2 Objetivos**

Os objetivos deste estudo estão classificados como principal e secundários e estão apresentados a seguir.

### 1.2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Este trabalho tem como objetivo principal a realização de um estudo comparativo das estruturas de um edifício residencial de quatro pavimentos em dois métodos construtivos: em concreto armado com fechamento em blocos cerâmicos e em alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto a fim de obter o mais vantajoso economicamente.

### 1.2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

Os objetivos secundários deste estudo são:

- Obter maiores conhecimentos sobre o sistema construtivo em alvenaria estrutural;
- Apresentar e analisar os dados orçamentários dos materiais e mão de obra para ambas as estruturas estudadas;
- Analisar o somatório dos custos das estruturas, fundações e fechamento, bem como a estimativa do custo geral do empreendimento.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Histórico

A alvenaria está entre as mais antigas formas de construção. Desde a Antiguidade tem sido amplamente utilizada para habitações, monumentos e templos religiosos. Um clássico exemplo são as pirâmides de Gizé (Figura 2.1), construídas em blocos de pedra em aproximadamente 2600 a.C. (ACCETTI, 1998).

Figura 2.1 – Pirâmide de Quéops, uma das pirâmides de Gizé



Fonte: <http://www.infoescola.com/civilizacao-egipcia/piramide-de-queops/>

O sistema construtivo se desenvolveu através do empilhamento puro e simples de unidades, tijolos ou blocos, de forma a cumprir a destinação projetada. Nessa fase inicial vãos até poderiam ser criados, mas sempre por peças auxiliares, como, por exemplo, vigas de madeira ou pedra. É importante mencionar que vãos criados a partir desse método apresentavam uma deficiência séria: suas dimensões eram relativamente pequenas.

O edifício Monadnock (Figura 2.2) foi construído em Chicago, de 1889 e 1891 tornou-se um símbolo clássico da alvenaria estrutural. Com seus dezesseis pavimentos e 65m de altura, foi considerado uma obra ousada. Entretanto, por causa dos métodos empíricos empregados até então, as paredes da base têm 1,80 m de espessura. Acredita-se que se fosse dimensionado pelos processos utilizados atualmente, com os mesmos materiais, essa espessura seria inferior a 30 cm (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Até o final do século XIX a alvenaria predominava como material estrutural, porém devido à ausência de procedimentos de dimensionamento, as estruturas eram muito robustas e pouco econômicas. Foi então que ocorreram progressos relevantes na construção civil, devido ao fato de unir o concreto – grande resistência a compressão – com o aço – grande resistência também a tração –, e assim nasceu o concreto armado. Respaldados por teorias racionais de cálculo, e devido ao grande arrojado das formas, esses novos tipos de estrutura se espalharam por todo o mundo e fizeram com que a alvenaria ficasse em segundo plano. O edifício Copan (Figura 2.3) é um exemplo de edificação construída em concreto armado, localizado na cidade de São Paulo.

Figura 2.2 – Edifício Monadnock



Fonte: <http://www.valegandara.com/blog/nov/monadnock.php>

Figura 2.3 – Edifício Copan



Fonte: <http://www.azdecor.com.br/tag/edificio-copan/>

No início do século XX, o concreto armado passou a ser mais utilizado em grandes obras, porém devido à escassez do aço causada pela Segunda Guerra Mundial, houve grande disseminação da alvenaria estrutural em todo o mundo.

Foi só por volta de 1920 que se passou a estudá-la com embasamento científico e experimentação laboratorial. Isso possibilitou o desenvolvimento de teorias racionais que fundamentam o projeto em alvenaria estrutural (ACCETTI, 1998).

No final dos anos 1940, iniciaram-se estudos mais avançados sobre estruturas de alvenaria na Europa. Nos anos 1950, nos Estados Unidos, iniciou-se o desenvolvimento de regras práticas para a alvenaria, resultando na publicação de códigos de construção. Atualmente, em países como Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha, a alvenaria atinge níveis de cálculo e execução similares aos aplicados às estruturas de aço e concreto armado, constituindo um econômico e competitivo sistema de construção (RAUBER, 2005).

O marco inicial para a “moderna alvenaria estrutural” ocorreu em 1951, quando foi erguido, na Suíça, um edifício de treze pavimentos com paredes de 37cm de espessura em alvenaria estrutural não armada, evidenciando as vantagens desse método construtivo.

A partir daí intensificaram-se as pesquisas; e os avanços tecnológicos, tanto dos materiais quanto das técnicas executivas, foram sucessivos, disseminando-se por todo mundo através de congressos e conferências internacionais (ROMAN; FILHO, 2000).

No Brasil, a alvenaria se iniciou ainda no período colonial, com emprego de pedra e tijolo de barro cru. Os primeiros avanços nessa técnica construtiva foram marcados, já no Império, pelo uso de tijolo de barro cozido, a partir de 1850, proporcionando construções com maiores vãos e mais resistentes à ação das intempéries. (SANTOS, 1998).

Estima-se que tenham sido construídas aqui, entre 1964 e 1976, mais de dois milhões de unidades habitacionais em alvenaria estrutural. Porém os resultados não foram totalmente satisfatórios quanto à qualidade e à durabilidade do produto, tornando-se necessárias pesquisas para eliminar as dúvidas existentes com relação a esse tipo de processo construtivo.

A alvenaria estrutural não armada foi introduzida no Brasil apenas em 1977, na construção de um edifício de nove pavimentos de blocos sílico-calcários, na cidade de São Paulo (RAUBER, 2005).

Somente na década de 1980, a alvenaria estrutural conseguiu mais espaço no país, quando construtoras e produtoras de blocos iniciaram investimentos nessa tecnologia, solucionando gradualmente as patologias que surgiram nas edificações construídas até então. Assim passou ser apontada no mercado como um sistema que poderia voltar a ser competitivo.

Por fim, de acordo com Coêlho (1998), a alvenaria estrutural hoje é, sem dúvida, um dos métodos mais colocados em prática na construção civil.

## 2.2 Alvenaria estrutural

A alvenaria é um sistema construtivo que utiliza peças industrializadas de dimensões e peso que as fazem manuseáveis, ligadas por argamassa, tornando o conjunto monolítico (KALIL, 2007).

Esse tipo de processo construtivo também é chamado de alvenaria autoportante, pois são destinadas a absorver as cargas das lajes e a sobrecarga, além de seu peso próprio.

Neste sistema, a estrutura é executada concomitantemente com as paredes de vedação, pois estas desempenham diversas funções ao mesmo tempo, como: estrutural, divisão de espaços, isolante termo acústico e proteção contra o fogo (HENDRY, 1990).

Para Sabbatini (1989), na alvenaria estrutural, as paredes são elementos estruturais, devendo assim resistir às cargas como fariam os pilares e vigas utilizados em concreto armado, aço ou madeira. Assim, o projeto ideal considera a distribuição das paredes de forma que cada uma atue como elemento estabilizador da outra.

As alvenarias apresentam bom comportamento às solicitações de compressão, o mesmo não ocorrendo em relação às solicitações de tração, flexão e cisalhamento (THOMAZ; HELENE, 2000).

Devido a isso, Roman, Mutti e Araújo (1999) sugerem que aumentando a compressão do bloco, diminui-se a possibilidade de aparecimento de esforços de tração. Deve-se, então, explorar a resistência à compressão do bloco estrutural, compensando a fraca resistência à tração.

Os esforços de compressão são causados pelo peso próprio de seus elementos – as paredes – e das cargas suportadas pelas lajes. Outro esforço encontrado – causado pelas forças horizontais, produzidas pelos ventos nos painéis – é o de flexão. Este é transmitido pela laje às paredes internas transversais através de esforços de cisalhamento que, por sua vez transmitirão tais esforços, sucessivamente, até as fundações (FRANCO, 1991).



Conforme Ramalho e Corrêa (2003), a compressão de suas paredes é o fator crucial a ser levado em conta quando se discute a alvenaria como processo construtivo. As tensões de tração devem ser de pequena intensidade e se restringir a pontos específicos da estrutura, porém exigindo a inserção de barras de aço, agindo em conjunto com a alvenaria. Caso contrário, se as trações forem muito intensas ou ocorrerem de forma generalizada, a estrutura pode até ser tecnicamente viável, porém dificilmente será economicamente adequada, devido ao crescente número de grauteamentos com armadura, perdendo assim sua agilidade e economia.

Seus principais componentes são: bloco, argamassa, graute e armadura.

Apesar de, no geral, os elementos serem constituídos somente por bloco e argamassa, em algumas situações, onde os esforços de tração apresentarem maiores valores, faz-se necessária a utilização de grautes e armaduras.

A Figura 2.4 ilustra um edifício, em construção, nesse tipo de sistema construtivo:

Figura 2.4 - Construção de um edifício em alvenaria estrutural



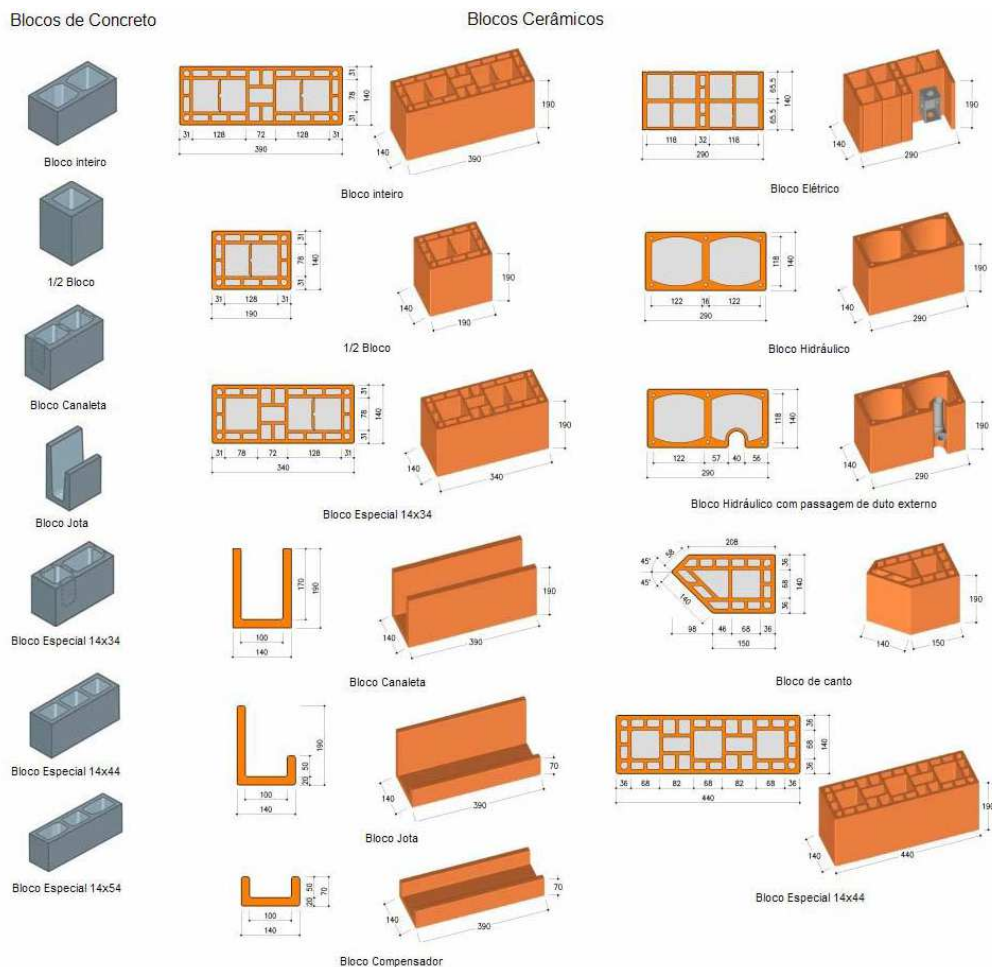
Fonte: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/122/imagens/i291861.jpg>

## 2.2.1 COMPONENTES

Os blocos – ou unidades – são os componentes básicos e principais responsáveis pela definição das características resistentes da estrutura. Podem ser cerâmicos, de concreto ou sílico-calcários, podendo ser maciços ou vazados. Suas propriedades desejadas são: resistência à compressão, estabilidade dimensional, vedação, resistência ao fogo, durabilidade frente às intempéries, aderência à argamassa, absorção adequada e modulação.

Na Figura 2.4 estão representados os principais tipos de blocos utilizados.

Figura 2.4 – Principais tipos de blocos utilizados na alvenaria estrutural



Fonte: Camacho (2006)

A argamassa de assentamento é utilizada na ligação entre os blocos, evitando pontos de concentração de tensões. É constituída de cimento, água, agregado miúdo e muitas vezes acrescida de cal, sendo que algumas podem apresentar adições. Possui as funções básicas de solidarizar as unidades, transmitir e uniformizar as tensões entre as mesmas, garantir a vedação, proporcionar aderência com as armaduras nas juntas e compensar as variações dimensionais nas unidades. Entre as propriedades almeçadas estão a retenção de água, conveniente resistência à compressão e a trabalhabilidade (CAMACHO, 2006).

O graute é um concreto com agregados de pequena dimensão e relativamente fluido, eventualmente necessário para o preenchimento dos vazios dos blocos. Sua função é propiciar o aumento da área da seção transversal das unidades ou promover a solidarização dos blocos com eventuais armaduras posicionadas em seus vazios. Dessa forma, pode-se aumentar a capacidade portante da alvenaria ou permitir que as armaduras combatam as tensões de tração que a alvenaria por si só não teria condições de fazê-lo (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Por fim, as barras de aço utilizadas nas construções em alvenaria são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado, porém, neste caso, serão sempre envolvidas por graute para garantir o trabalho conjunto com os outros componentes. Suas funções são de absorver os esforços de tração e/ou compressão, além de cobrir necessidades construtivas. Têm um diâmetro mínimo de 3,8 mm e não devem exceder à metade da espessura da junta (CAMACHO, 2006).

### 2.2.2 MODULAÇÃO

A coordenação modular é um sistema de referência baseado no componente bloco. A partir das dimensões modulares deste componente, pode-se criar todo um sistema de coordenação dimensional que parte do projeto arquitetônico. As dimensões das paredes serão então definidas em múltiplos dos módulos horizontais e verticais, ficando assim todas as medidas coordenadas plani e altimetricamente (MACHADO, 1999).

A unidade de alvenaria é definida por três dimensões: largura, comprimento e altura. A largura e o comprimento definem o módulo horizontal – ou módulo em planta. Já a altura define o módulo vertical.

Diferentemente do concreto, que pode ser moldado de diferentes tamanhos e formas, as paredes ideais da alvenaria estrutural são limitadas a múltiplos das dimensões de sua unidade.

Nas palavras de Duarte (1999): “os edifícios em alvenaria estrutural não possuem a flexibilidade dos em concreto armado e a modulação é uma prerrogativa de projeto”.

Modular um arranjo arquitetônico é simplesmente acertar suas dimensões em planta e também o pé direito, por meio das dimensões das unidades, com a finalidade de reduzir ao máximo os cortes e ajustes da execução das paredes.

De acordo com Kalil (2007), a modulação é fundamental para a economia e racionalização de uma edificação em alvenaria estrutural.

Ainda pode apresentar acréscimos em produtividade para o empreendimento, consequência da redução de cortes e retrabalhos no canteiro, que representam perda de materiais, tempo e mão de obra.

Ajustar as medidas das unidades mediante sua quebra deve ser evitado, uma vez que estaria sujeito a cortes imprecisos. Além do mais, mesmo que essa adaptação pudesse ser controlada, perder-se-ia a principal característica deste sistema construtivo: a racionalidade.

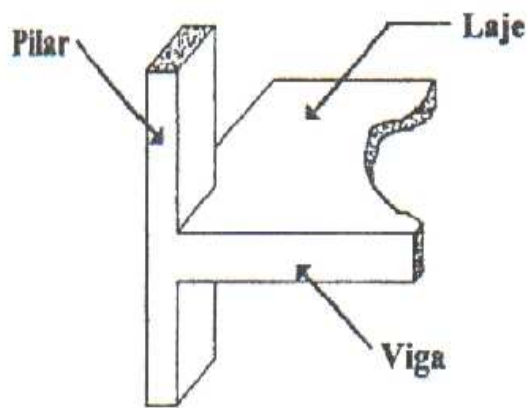
É desejável que a largura e o comprimento das unidades sejam iguais ou múltiplos para que se tenha um único módulo em planta, simplificando a amarração das paredes e resultando numa melhor racionalização do sistema.

É importante também a interação entre o projetista estrutural e o arquiteto durante a fase de elaboração do projeto arquitetônico, pois a escolha da modulação define as dimensões possíveis a serem utilizadas no projeto.

### 2.2.3 ESTRUTURA

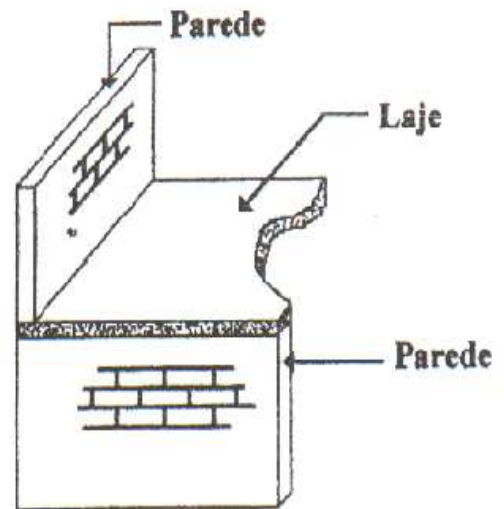
Conforme Richter (2007), diferente das estruturas lineares e reticuladas dos sistemas em concreto armado, aço e madeira (Figura 2.5), o sistema em alvenaria estrutural é laminar (Figura 2.6).

Figura 2.5 – Estrutura reticulada



Fonte: Richter (2007b)

Figura 2.6 – Estrutura laminada

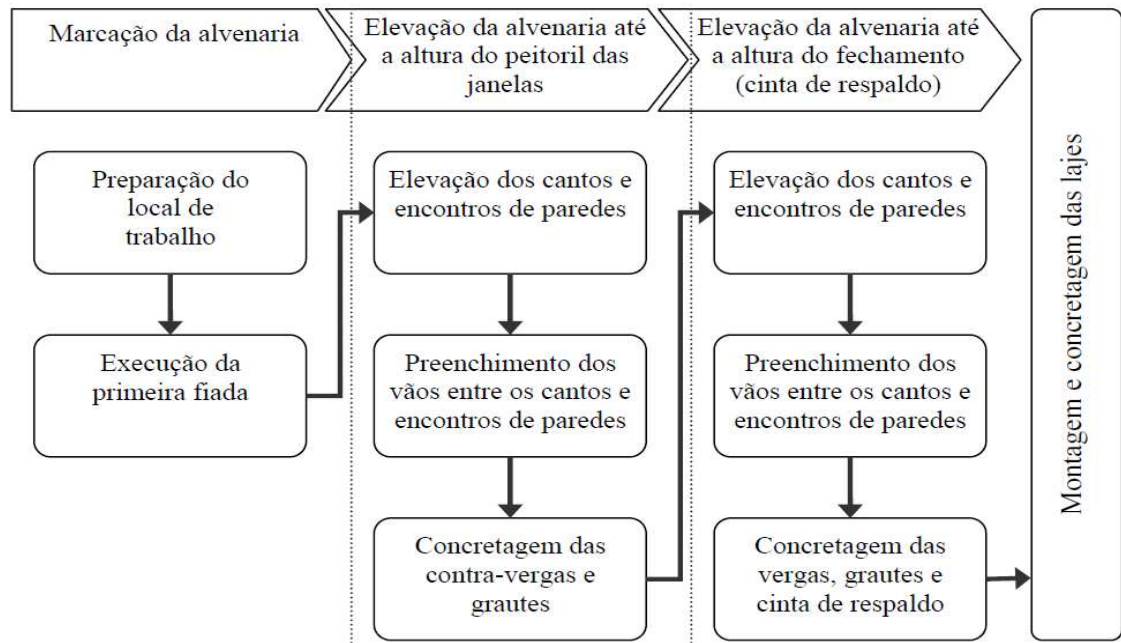


Fonte: Richter (2007b)

### 2.2.4 EXECUÇÃO

Em relação a execução deste sistema construtivo, a Figura 2.7 aponta todas as etapas e sua sequência, de forma esquematizada.

Figura 2.7 – Sequencia da execução da elevação da alvenaria



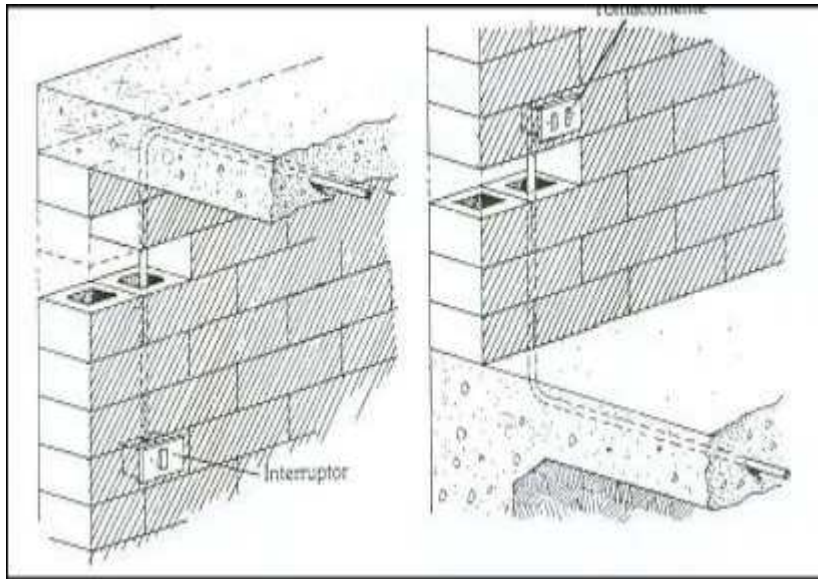
Fonte: Richter (2007a)

#### 2.2.4.1 Instalações

Em um edifício nesse sistema as instalações horizontais passam por rebaixo de forros ou lajes ou por pisos mais espessos; e as verticais – exceto as que contêm fluidos – podem passar pelos orifícios dos blocos, não se admitindo quebras ou cortes nas paredes estruturais, e devem ser inseridos à medida que se ergue a parede, tomando o cuidado para assentar os blocos especiais (com furos para caixas de tomadas e interruptores, por exemplo) nos lugares corretos. Existem algumas alternativas para as instalações verticais com fluidos (hidrossanitárias, gás etc.), como a utilização de *shafts*, blocos especiais (blocos hidráulicos), paredes não estruturais ou até mesmo adoção de tubulações aparentes.

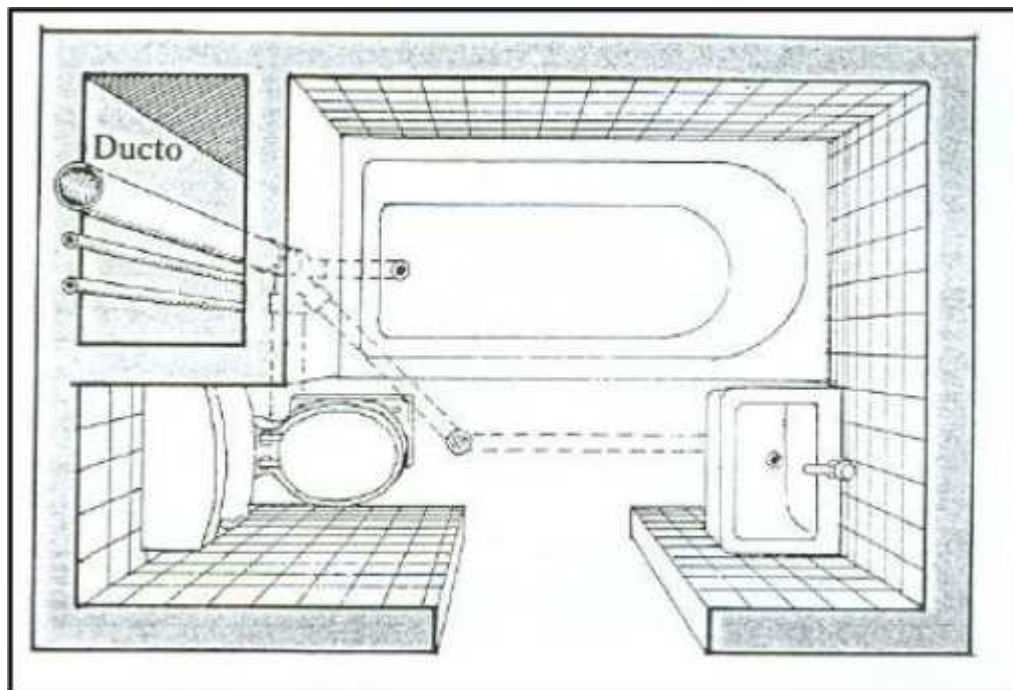
Abaixo, algumas figuras (2.8, 2.9 e 2.10) que ilustram como devem ser executadas as instalações em um edifício em alvenaria estrutural:

Figura 2.8 – Modelo de instalações elétricas



Fonte: Vargas (1994)

Figura 2.9 - Modelo de instalações hidráulicas com uso de "shafts"



Fonte: Vargas (1994)

Figura 2.10 - Piso espesso, rebaixo de forro e rebaixo de laje, respectivamente, para instalações hidráulicas



Fonte: Vargas (1994)

### 2.2.5 VANTAGENS

A seguir, Ramalho e Corrêa (2003) apresentam as principais vantagens da alvenaria estrutural em relação ao concreto armado.

a) Economia de formas e escoramentos: podem até deixar de existir, eliminando-se totalmente o uso de madeira. Quando existem, se limitam apenas às necessárias para a concretagem da laje quando moldadas “in loco”. Portanto, formas lisas, baratas e de grande reaproveitamento, além das paredes atuarem como apoio parcial das formas, ganhando uma redução do cimbramento.

b) Redução significativa nos revestimentos: pela qualidade controlada dos blocos e da execução a redução dos revestimentos é bem significativa, em alguns casos, chapisco e emboço podem ser dispensados. Gesso e azulejo podem ser aplicados diretamente sobre os blocos. Além disso, como não há a sobressaliência de pilares e vigas do sistema construtivo convencional, evita-se os cortes mais detalhados dos revestimentos cerâmicos.

c) Redução nos desperdícios de material: o fato das paredes não admitirem cortes ou aberturas, para instalações hidrossanitárias ou elétricas por exemplo, é uma das causas da redução de dispêndio de material. Assim, o que poderia ser encarado como uma desvantagem, na verdade implica numa



eliminação na possibilidade de improvisações, que sempre encarecem expressivamente o custo de uma construção.

d) Economia na mão de obra: é bem mais reduzida pela concomitância das etapas de execução, a qual induz uma versatilidade do operário, com um fácil treinamento. Portanto, deixam de ser necessários profissionais como armadores e carpinteiros. Na medida que o pedreiro executa a alvenaria, ele próprio pode montar as ferragens e os eletrodutos, podendo ainda deixar instaladas peças pré-moldadas, como marcos, vergas e contravergas etc. Assim, também elimina as interferências nas interfaces entre os subsistemas.

e) Flexibilidade no ritmo de construção: com lajes pré-moldadas, o ritmo da obra estará desvinculado ao tempo de cura do concreto, dando mais agilidade à construção. Ademais, a simplificação nas técnicas de execução dá maior rapidez à obra, permitindo um retorno mais veloz do capital investido.

f) Menor consumo de armaduras: quando necessárias são retas, na maioria sem dobras.

g) Menor diversidade de materiais empregados: reduz o número de subempreiteiras na obra, a complexidade da etapa executiva e o risco de atraso no cronograma de execução em função de eventuais faltas de materiais, equipamentos ou mão de obra.

h) Ótima resistência ao fogo e características de isolamento termo acústico.

#### 2.2.6 DESVANTAGENS

Os mesmos autores também salientam que apesar das vantagens terem grande relevância, não se pode desconsiderar algumas desvantagens da alvenaria estrutural em relação à construção convencional em concreto armado, e estas estão listadas a seguir.

a) Limitação do projeto arquitetônico, que não permite arranjos mais ousados.

b) Pelo fato da norma brasileira não permitir que dutos que contenham fluidos passem pelos furos dos blocos, caso não seja possível a criação de *shafts*,

deve-se optar por paredes hidráulicas, que, em alguns casos, podem não se mostrar esteticamente agradáveis.

c) Dificuldade de adaptar sua arquitetura para uma nova utilidade: como as paredes são parte da estrutura, obviamente não há a possibilidade de adaptações muito significativas no arranjo arquitetônico. Isso não é só inconveniente, mas tecnicamente impossível na grande maioria dos casos.

### 3 METODOLOGIA

A etapa teórica deste estudo conta com um vasto levantamento bibliográfico confiável sobre o tema, procurando buscar informações técnicas, processos de orçamento, tabela de composição de preços, normas, além de consultas de encargos trabalhistas, também publicações em anais, atas, dissertações e teses, relatórios técnicos, bem como, nos trabalhos de conclusão de curso, além das tabelas SINAPI e TPCO. Também se faz uma pesquisa exploratória sobre os conceitos básicos do sistema construtivo de concreto armado e alvenaria estrutural. Após a coleta das informações históricas e técnicas, estas foram organizadas por subtemas para compor a pesquisa bibliográfica, que permitiu compreender conceitos e reconhecer as tecnologias empregadas no sistema construtivo.

As normais técnicas, como as da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), foram consultadas e utilizadas para demonstrar as diretrizes que devem ser utilizadas no sentido de orientar os trabalhos executivos sobre ambos os sistemas construtivos.

A próxima etapa é o trabalho propriamente dito. Utilizando o *software* Cypecad, foram elaborados os projetos estruturais em ambos os métodos construtivos estudados. Os projetos em concreto armado e em alvenaria estrutural foram baseados no projeto original.

Apresenta-se, então, um estudo de caso e reúne-se os orçamentos de materiais e mão de obra de ambas as estruturas, além de realizar as comparações pertinentes para que se possa concluir o objetivo determinado, ou seja, saber qual processo construtivo é o mais economicamente vantajoso.

#### 3.1 Apresentação do empreendimento

O empreendimento usado como base para este estudo comparativo trata-se de um edifício localizado no município de Ouro Preto, Minas Gerais. Foi construído em

concreto armado com vedação em blocos cerâmicos, cujos materiais e mão de obra serão comparados a um prédio hipotético equivalente, adaptado à alvenaria estrutural.

Possui 186,23 m<sup>2</sup> de área de projeção num terreno de 360 m<sup>2</sup>, resultando numa taxa de ocupação de 51,23%. Sua área construída total equivale a 851,09 m<sup>2</sup>, distribuídos da seguinte maneira: garagem e quatro pavimentos tipo. O projeto arquitetônico dos pavimentos tipo em questão encontra-se no Anexo I e elevação principal do edifício no Anexo II.

Cada pavimento tipo é constituído de dois apartamentos, de aproximadamente 75,33 m<sup>2</sup> e 79,33 m<sup>2</sup>. Ambos possuem uma sala de estar, uma sala de jantar, um quarto com suíte, um quarto simples, uma cozinha, uma área de serviço e um banheiro social, além do primeiro possuir também um espaço gourmet.

## 4 COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE OS DOIS SISTEMAS ESTRUTURAIS – ESTUDO DE CASO

Neste capítulo serão levantados e comparados os custos dos insumos e dos serviços pertinentes aos dois sistemas estruturais apresentados e posteriormente analisados.

### 4.1 Considerações

#### 4.1.1 FUNDAÇÕES

As fundações foram calculadas pelo *software* porém não foram discriminadas em seus relatórios dos quantitativos da obra, estando seus materiais incorporados aos do restante do edifício.

#### 4.1.2 DADOS DE ENTRADA NO SOFTWARE CYPECAD

##### 4.1.2.1 Concreto armado

- Norma: ABNT NBR 6118/2013;
- Concreto C30 para pisos, fundações, pilares e vigas;
- Agregado de granito e com 19 mm de tamanho máximo;
- Aço com barras de CA-50 e CA-60.

##### 4.1.2.2 Paredes de alvenaria estrutural

- Norma: Eurocode 6 (única disponível);
- Módulo de elasticidade (E): 3700 MPa (RAMALHO; CORRÊA, 2003);
- Módulo de deformação transversal (G): 1800 MPa (RAMALHO; CORRÊA, 2003);
- Peso específico: 14 kN/m<sup>3</sup>;
- Tensão de cálculo na compressão: 3.15 MPa (NBR 15961-1);
- Tensão de cálculo na tração: 0.2 MPa (NBR 15961-1).

#### 4.1.2.3 Blocos para alvenaria estrutural

- Resistência de cálculo à compressão: 4,5 MPa, valor mínimo, segundo Ramalho e Corrêa (2003);
- Resistência de cálculo ao corte: 1 MPa (NBR 15961-1);
- Espessura da junta padrão: 10 mm;
- Espessura das paredes externa e interna: 2 mm.

#### 4.1.2.4 Ações

- Carga permanente: 1,5 kN/m<sup>2</sup> - relativo ao forro e aos revestimentos - para todos os pisos, exceto a cobertura com 0,9 kN/m<sup>2</sup> - relativo à laje sem cobertura -, e o térreo com 2 kN/m<sup>2</sup> - relativo à garagem – (NBR 6120).
- Sobrecarga: 2 kN/m<sup>2</sup> - usual para pisos residenciais - para todos os pisos, exceto a cobertura com 1 kN/m<sup>2</sup> e o térreo com 3 kN/m<sup>2</sup> (NBR 6120).
- Carga de 3,92 kN/m relativa às paredes de alvenaria

## 4.2 Levantamento de insumos e serviços

A seguir serão apresentados os resultados para os levantamentos de insumos e custos de serviços para a execução do empreendimento pelos sistemas construtivos estudados. Para tal levantamento não foram levados em consideração os itens que seriam comuns a ambos métodos: locação de obra, movimentação de terra, revestimento cerâmico, forros, pintura, calhas e rufos, impermeabilizações, esquadrias, louças, metais, instalações hidráulicas e elétricas e cobertura pois foram consideradas equivalentes a ambos métodos e não influenciariam na diferença entre os orçamentos finais da obra.

As quantidades de materiais expressos nas tabelas deste capítulo são geradas diretamente pelo Cypecad, exceto para os tijolos e argamassa.

Os custos dos materiais dispostos foram obtidos nas tabelas de insumos e composições não desonerados SINAPI de Minas Gerais, do mês de janeiro de 2016.

Os materiais utilizados foram:

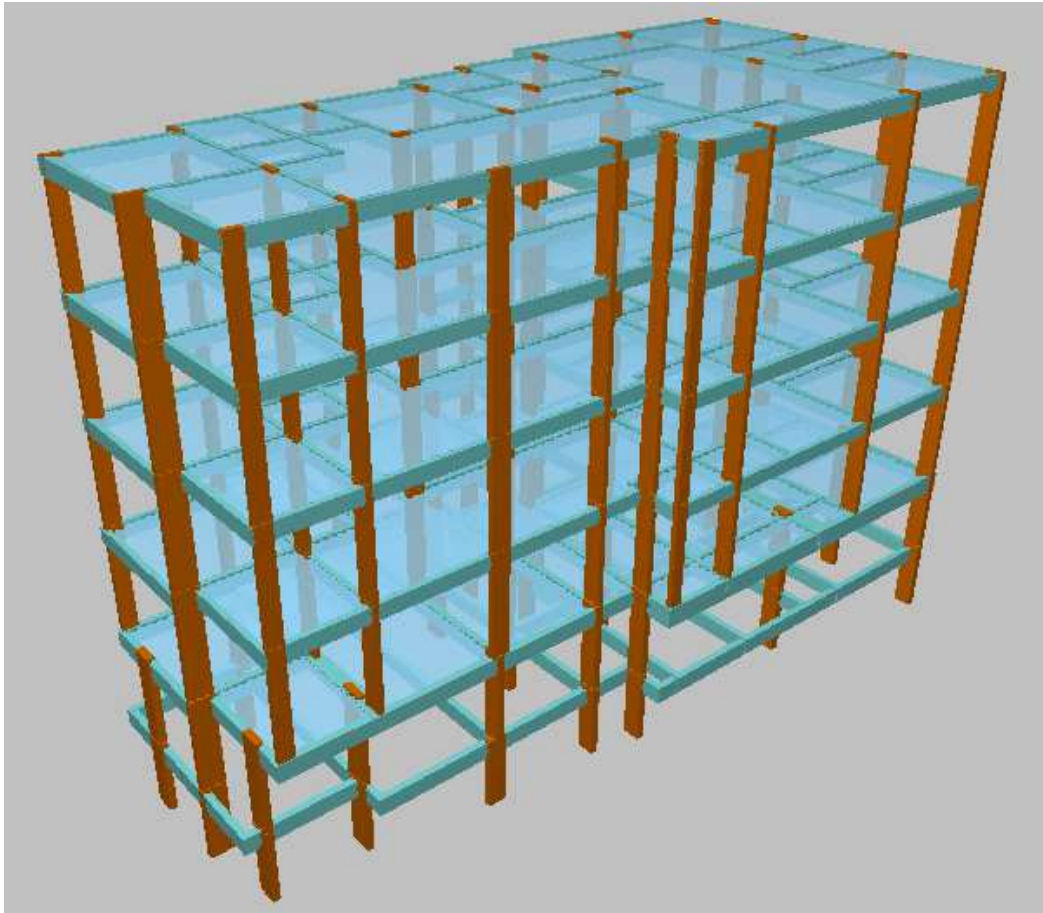
- Concreto usinado bombeável, classe de resistência C30 com brita 0 e 1, slump = 100 +/- 20 mm;
- Aço: vergalhões CA-50 e CA-60, com corte e dobra na obra (como o *software* não discrimina as bitolas do aço, tomou-se como base para o cálculo de seus custos o vergalhão CA-50 DE 10 mm);
- Formas: tábuas com 5x de reaproveitamento;
- Bloco cerâmico: dimensões de 11,5 x 19 x 19, para alvenaria de vedação;
- Blocos vazados de concreto: fbk = 4,5 MPa, com dimensões 14 x 29 x 19 cm e meios blocos 14 x 14 x 19 cm;
- Argamassa para alvenaria de vedação: industrializada multiuso
- Argamassa para alvenaria estrutural: traço 1 : 1 : 5 (cimento : cal : areia), de acordo com a norma britânica.

#### 4.2.1 EM CONCRETO ARMADO

Para a obra em concreto armado, obteve-se os projetos arquitetônico e estrutural originais da obra em questão. Desenvolveu-se um novo projeto para esse sistema construtivo a fim de se evitar as diferenças entre o *software* e a prática.

A Figura 4.1 representa o modelo 3D da estrutura produzido pelo Cypecad.

Figura 4.1 – Modelo 3D da estrutura em concreto armado



Para o cálculo, foram contabilizados pilares, vigas, lajes, fundações e alvenaria de vedação.

A área total de parede – descontados os pilares e as aberturas – é de aproximadamente 1106,70 m<sup>2</sup>. Estimou-se 25 tijolos e 15 litros (0,015 m<sup>3</sup>, ou 28,5 kg) de argamassa por metro quadrado de parede de vedação.

Na tabela 4.1 abaixo estão descritos os serviços para a estrutura da obra, no sistema convencional.



Tabela 4.1 – Materiais e serviços para estrutura em concreto armado

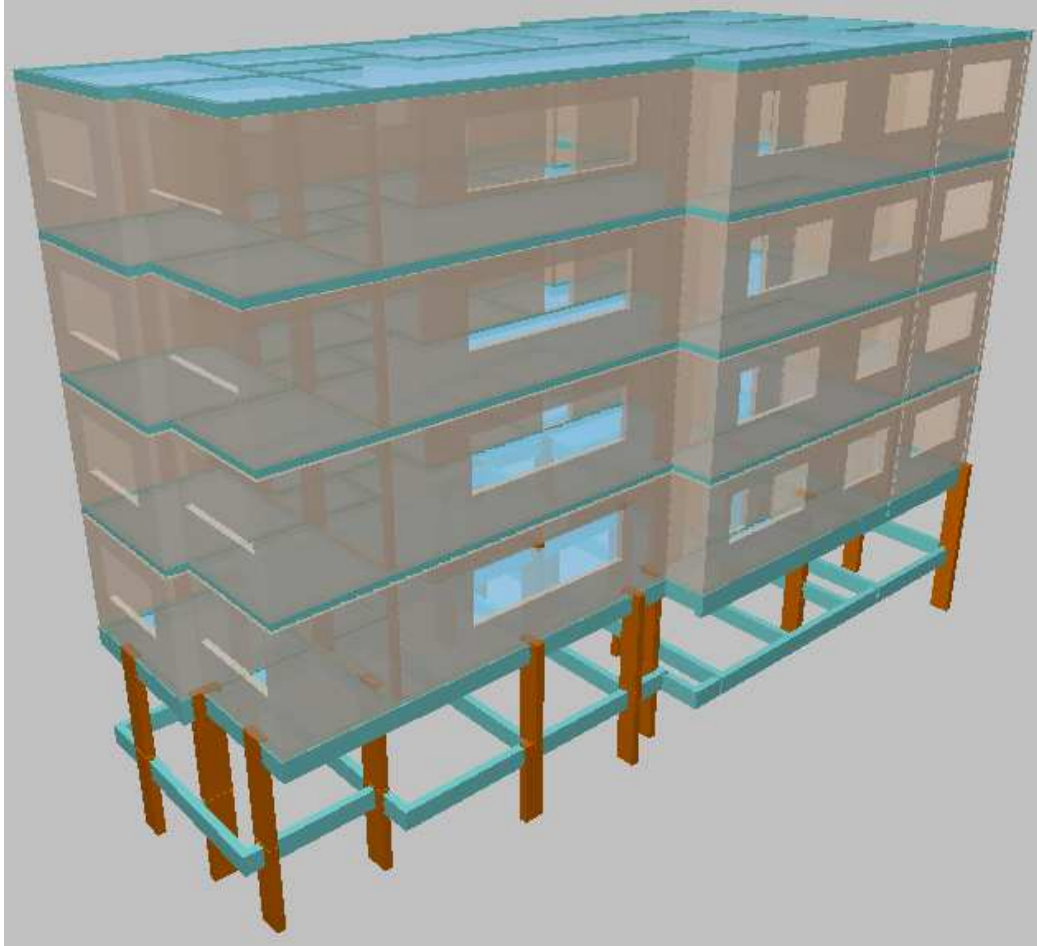
DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	CUSTO UNIT. (R\$)	TOTAL (R\$)
<b>PILARES</b>				
Armaduras	kg	4693,00	3,58	16800,94
Formas	m <sup>2</sup>	455,60	29,04	2646,12
Concreto	m <sup>3</sup>	28,54	245,74	7013,42
Mão de obra	m <sup>3</sup>	28,54	385,19	10993,32
<b>VIGAS</b>				
Armaduras	kg	3459,00	3,58	12383,22
Formas	m <sup>2</sup>	669,74	29,04	3889,85
Concreto	m <sup>3</sup>	64,18	245,74	15771,59
Mão de obra	m <sup>3</sup>	64,18	299,70	19234,75
<b>LAJES</b>				
Armaduras	kg	4618,00	3,58	16532,44
Formas	m <sup>2</sup>	712,94	29,04	4140,76
Concreto	m <sup>3</sup>	71,30	245,74	17521,26
Mão de obra	m <sup>3</sup>	71,30	299,70	21368,61
<b>PAREDES</b>				
Tijolos	un	27668	0,55	15217,40
Argamassa	kg	31540,95	0,45	14193,43
Mão de obra	m <sup>2</sup>	1106,70	50,65	56054,56
<b>TOTAL</b>				<b>233.761,67</b>

#### 4.2.2 EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Para a obra em alvenaria estrutural tomou-se como base o projeto em concreto armado elaborado pelo autor.

A Figura 4.2 representa o modelo da estrutura 3D produzida pelo Cypecad.

Figura 4.2 – Modelo 3D da estrutura em alvenaria estrutural



Para o cálculo, foram contabilizados pilares, vigas/cintas, lajes, alvenaria autoportante e alvenaria de vedação.

A área total de parede neste caso é de 1242,20 m<sup>2</sup> (e 23,40 m<sup>2</sup> de parede não estrutural), diferente da anterior pelo fato das dimensões das paredes terem sido ajustadas – como será explanado no item seguinte – e não existir área de pilares para se descontar.

Estimou-se 9,40 litros (0,0094 m<sup>3</sup> ou 17,86 kg) de argamassa por metro quadrado de parede estrutural. Pelo fato das tabelas utilizadas não informarem a resistência das argamassas e estas serem muito importantes, pois fazem parte do sistema estrutural, julgou-se necessário orçar os preços de seus componentes (cimento, cal e areia) a fim de determinar seu traço, por conseguinte sua resistência, com maior exatidão. A resistência desejada é de cerca de 70% da resistência do bloco

estrutural ( $f_{bk} = 4,5 \text{ MPa}$ ), ou seja,  $f_a = 3,1 \text{ MPa}$ . Adotou-se o traço para uma resistência média de  $3,6 \text{ MPa}$ , que é de  $1 : 1 : 5$  (cimento : cal : areia), segundo a norma britânica. Os preços do cimento, cal e areia, por quilo, são respectivamente R\$ 0,45, R\$ 0,50 e R\$ 0,04. Para 22762 kg de argamassa, resultam em 3251,14 kg de cimento, 3251,14 kg de cal e 16258,57 kg de areia. Então, tem-se um custo de R\$ 1463,01 para o cimento, R\$ 1625,57 para a cal e R\$ 650,34 para a areia. Finalmente, o custo para a argamassa utilizada nesse sistema foi de R\$ 3738,92, com 0,16 R\$/kg.

#### 4.2.2.1 Modulação

Escolheu-se o módulo 15, cujos blocos têm dimensões  $14 \times 29 \times 19 \text{ cm}$  (largura x comprimento x altura), pois eram as que mais se aproximavam das medidas reais do edifício.

Como no projeto original não se teve uma atenção especial para as dimensões dos cômodos (dispensável no sistema construtivo tradicional), fez-se necessários ajustes nas mesmas, tomando agora o cuidado para se encaixarem perfeitamente na modulação escolhida.

#### 4.2.2.2 Adaptações das aberturas

Nas áreas de serviço, banheiros e em uma das salas as janelas estão bem próximas, o que concentra muito a carga em áreas pequenas de alvenaria, não sendo recomendado. A solução foi considerar as duas janelas como uma só, com o dobro do comprimento, eliminando a parede pequena que havia entre as duas.

#### 4.2.2.3 Paredes hidráulicas

As paredes que dividem as áreas de serviço e os banheiros foram transformadas em paredes hidráulicas – com a mesma carga por metro das paredes de vedação - pois, como citado anteriormente, não é permitida a passagem de dutos com fluidos pelas paredes estruturais.

Na tabela 4.2 a seguir estão descritos os serviços para a superestrutura da obra, em alvenaria estrutural.

Tabela 4.2 – Materiais e serviços para estrutura em alvenaria estrutural

DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	CUSTO UNIT. (R\$)	TOTAL (R\$)
<b>PILARES</b>				
Armaduras	kg	954,00	3,58	3.415,32
Formas	m <sup>2</sup>	113,48	29,04	659,09
Concreto	m <sup>3</sup>	8,73	245,74	2.145,31
Mão de obra	m <sup>3</sup>	8,73	385,19	3.362,71
<b>VIGAS</b>				
Armaduras	kg	1074	3,58	3.844,92
Formas	m <sup>2</sup>	250,12	29,04	1.452,70
Concreto	m <sup>3</sup>	23,70	245,74	5.824,04
Mão de obra	m <sup>3</sup>	23,70	299,70	7.102,89
<b>GRAUTEAMENTO</b>				
Armaduras	kg	991,00	3,58	3.547,78
Formas	m <sup>2</sup>	215,92	29,04	1.254,06
Graute	m <sup>3</sup>	15,70	362,01	5.683,56
Mão de obra	m <sup>3</sup>	15,70	530,90	8.335,13
<b>LAJES</b>				
Armaduras	kg	4.115,00	3,58	1.4731,70
Formas	m <sup>2</sup>	7.18,00	29,04	4.170,14
Concreto	m <sup>3</sup>	71,79	245,74	17.641,67
Mão de obra	m <sup>3</sup>	71,79	299,70	21.515,46

Sequência da tabela 4.2 - Materiais e serviços para estrutura em alvenaria estrutural

DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	CUSTO UNIT. (R\$)	TOTAL (R\$)
<b>PAREDES ESTRUTURAIS</b>				
Blocos inteiros	un	15.628	1,54	24.067,12
Meios blocos	un	1724	0,88	1.517,12
Argamassa	kg	22.185,69	0,16	3.549,71
Mão de obra	m <sup>2</sup>	12.42,20	47,59	5.9116,30
<b>PAREDES DE VEDAÇÃO</b>				
Tijolos	un	585	0,55	321,75
Argamassa	kg	666,90	0,45	300,11
Mão de obra	m <sup>2</sup>	23,40	50,65	1.185,21
<b>TOTAL</b>				<b>194.743,80</b>

#### 4.2.3 CUSTO TOTAL DO EMPREENDIMENTO

O edifício possui 851,09 m<sup>2</sup> de área construída e tomando como base a estimativa das tabelas CUB (SINDUSCON-MG) de R\$ 1.106,44/m<sup>2</sup>, obtém-se uma projeção do custo total do empreendimento de R\$ 941.680,02.

#### 4.3 Análise dos resultados

Neste capítulo serão discutidos os resultados dos levantamentos de insumos e serviços a partir dos dados obtidos no item anterior.

#### 4.3.1 FUNDAÇÕES, ESTRUTURA E VEDAÇÃO

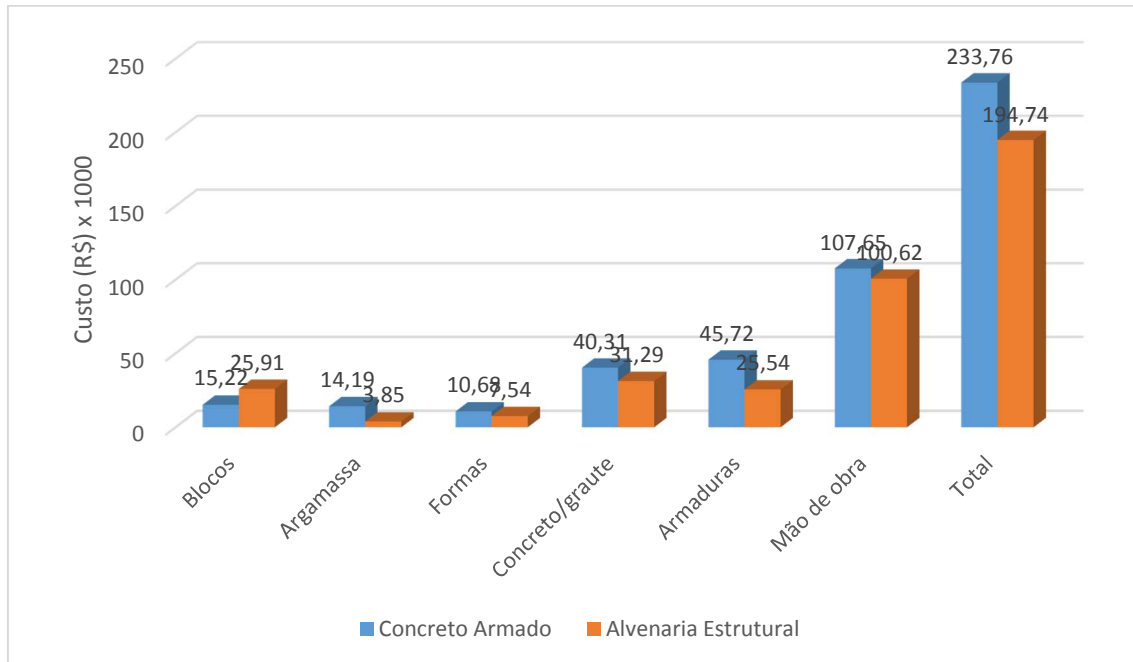
A fim de destacar os fatores responsáveis pela diferença dos valores finais, os insumos foram divididos de maneira que se permite uma comparação direta.

Na tabela 4.3 e no gráfico 4.1 logo a seguir, estão sendo comparados, item a item, os custos dos insumos e serviços dos dois sistemas.

Tabela 4.3 - Comparação de custos de insumos e mão de obra entre os dois sistemas

ITEM	CONCRETO ARMADO (R\$)	%	ALVENARIA ESTRUTURAL (R\$)	%
Blocos	15.217,40	6,51	25.905,99	13,30
Argamassa	14.193,43	6,07	3.849,82	1,98
Formas	10.676,73	4,57	7.535,99	3,87
Concreto/graute	40.306,27	17,24	31.294,58	16,07
Armaduras	45.716,60	19,56	25.539,72	13,11
Mão de obra	107.651,24	46,05	100.617,70	51,67
<b>Total</b>	<b>233.761,67</b>	<b>100</b>	<b>194.743,80</b>	<b>100</b>

Gráfico 4.1 - Comparação de custos de insumos e mão de obra entre os dois sistemas



Pode-se notar que o único item em que o sistema convencional levou vantagem econômica em relação ao modelo de alvenaria foi o relacionado aos blocos, com R\$ 15217,40 (6,51%) contra R\$ 25905,99 (13,30%). Pela redução de elementos estruturais – elimina-se pilares e vigas –, em todos os outros itens a alvenaria estrutural se mostrou economicamente mais vantajosa, com destaque para o aço, que custou apenas R\$ 25539,72 (13,11%) contra R\$ 45716,60 (19,66%).

O empreendimento possui 851,09 m<sup>2</sup> de área construída. As fundações, estrutura e vedação da obra em concreto armado somaram R\$ 233.761,67, resultando num custo de R\$ 274,66/m<sup>2</sup>; ao passo que na obra em alvenaria estrutural somaram R\$ 194.743,80, que resultou em R\$ 228,82/m<sup>2</sup>. Foi visto que as fundações, estrutura e fechamento do edifício em alvenaria estrutural tiveram uma economia de R\$ 39017,87, ficando 16,69% mais baratos que no sistema construtivo original.

### 4.3.2 EMPREENDIMENTO TOTAL

As tabelas CUB independem do sistema construtivo utilizado, portanto, ao manter-se o mesmo custo total para os dois sistemas pode-se determinar a diferença do custo da estrutura de ambos os métodos em relação ao custo total. E é isso que explicita a tabela 4.4 abaixo.

Tabela 4.4 - Percentual de ambos os métodos em relação ao custo total do empreendimento

	<b>CONCRETO ARMADO (R\$)</b>	<b>ALVENARIA ESTRUTURAL (R\$)</b>
Fundações, estrutura e vedação	233.761,67	194.743,80
Custo total	941.680,02	941.680,02
<b>Porcentagem do custo total</b>	<b>24,82</b>	<b>20,68</b>

Pode-se observar que alvenaria estrutural demonstrou ser 4,14% mais econômica que o sistema convencional em relação ao custo global do empreendimento.



## 5 CONCLUSÃO

Neste capítulo expõe-se as conclusões finais do estudo, demonstrando que os objetivos definidos foram alcançados, sendo o principal a comparação de custos, e, por conseguinte, a viabilidade econômica de uma mesma obra em dois métodos construtivos: estrutura aporricada de concreto armado com fechamento em blocos cerâmicos e alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto

### 5.1 Considerações finais

Ao final do estudo pode-se concluir que a estrutura e fechamentos de edifícios construídos em alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto de fato são mais economicamente vantajosos quando comparado aos de concreto armado com vedação em blocos cerâmicos para edificações que se aproximam da utilizada neste estudo de caso, conforme demonstrado nos resultados e estando de acordo com a bibliografia. Também observamos uma economia para a projeção do edifício como um todo, porém com uma diferença menor entre os dois sistemas. O método comprovou ser, efetivamente, uma alternativa bastante competitiva e atraente para redução de custos.

De todos os itens analisados, o único desfavorável financeiramente à alvenaria estrutural foi o que já estava previsto, o relacionado aos blocos, visto que o preço dos blocos vazados de concreto utilizados nesse sistema supera quase três vezes o preço dos blocos cerâmicos utilizados no sistema convencional. Com a eliminação de pilares e vigas, o volume de concreto foi reduzido. Porém nos pontos mais solicitados da alvenaria, assim como em seus detalhes construtivos, é necessário grauteamento, o que diminuiu a diferença do volume de concreto/graute utilizados. Pelo mesmo motivo da redução do volume de concreto, a quantidade de aço também foi reduzida, apesar dos pontos de grauteamento exigirem uso de armaduras. Mesmo com o pilotis, a quantidade de formas também foi minimizada. Devido à maior produtividade da alvenaria estrutural – fruto da industrialização do processo e da simplificação e diminuição das etapas construtivas – sobre estruturas em concreto armado, a empreitada para sua execução é menor, reduzindo, também, o custo da mão de obra.

Embora a economia gerada pelo sistema em alvenaria estrutural sobre o sistema em concreto armado ter chegado a 16,69%, esta tem um potencial muito grande para crescer ainda mais. De acordo com Duarte (1999) a alvenaria estrutural pode atingir uma economia de até 30% quando comparada ao sistema convencional.

O uso do pilotis não é recomendado para este tipo de método construtivo pois as vigas que dão sustentação à alvenaria, neste caso, deverão ser mais robustas para suportar o peso das paredes acima delas. Além disso, há maiores gastos com o que a alvenaria estrutural se propõe a evitar: armaduras e formas. Esses fatores acabam encarecendo a estrutura, maquiando a verdadeira diferença entre os dois métodos.

Outro fator que não foi calculado e que pesaria economicamente a favor da alvenaria estrutural é o desperdício. É sabido pela literatura – e também pela prática – que edifícios em concreto armado tendem a gerar uma grande quantidade de entulho em função dos rasgos feitos na alvenaria de vedação para embutimento das instalações. Esse problema é minimizado na alvenaria estrutural, uma vez que estas instalações são projetadas, evitando os rasgos, e as dimensões de seus cômodos são sempre moduladas, não havendo necessidade de se quebrar os blocos para adaptá-los às dimensões de projeto. Assim, economiza-se materiais, mão de obra e até mesmo gastos com armazenamento e transporte de entulho, sem esquecer-se que isso também é mais ambientalmente sustentável.

Por questões de simplificação, alguns detalhes construtivos não foram considerados nos cálculos, como por exemplo uso de caibros para travamento das formas ou arame recozido para as armaduras. O custo destes materiais tenderia a encarecer ainda mais o método convencional do que o método em alvenaria estrutural.

Este estudo não contou também com um cronograma físico-financeiro, mas sabe-se que obras em alvenaria estrutural tendem a ser mais rápidas – por não possuir pilares nem vigas –, não sendo necessário o aguardo do tempo de cura do concreto. Uma obra com prazo menor significa menos horas de trabalho a serem pagas, pontuando novamente a favor da alvenaria estrutural.

É importante salientar, porém, que o sistema em alvenaria estrutural nem sempre é a melhor solução construtiva, uma vez que seu projeto arquitetônico é limitado e não permite alterações futuras nas paredes estruturais, o que não impede que esse sistema seja mais estudado e explorado no futuro.

Todavia, para um sistema estrutural que até pouco tempo era considerado antiquado e ineficiente, os resultados foram bastante interessantes.

## **5.2 Propostas para trabalhos futuros**

Neste item serão apresentadas algumas sugestões para estudos futuros.

- Um trabalho onde a alvenaria estrutural esteja assentada ao chão – eliminando o pilotis – de modo a eliminar totalmente a parcela em concreto armado;
- Sugere-se que se compare todos os outros itens que foram desconsiderados neste trabalho – como instalações, revestimentos, esquadrias etc –, principalmente detalhes não considerados nos itens da estrutura, a fim de se obter uma relação mais aproximada da parcela da estrutura em relação ao custo total do empreendimento;
- Uma comparação sobre o desperdício de ambos os sistemas estruturais e o ônus gerado por ele;
- Por fim, sugere-se a inclusão de um cronograma físico-financeiro, comprovando a redução dos prazos, e conseqüentemente da mão de obra e dos custos, a favor do sistema autoportante.

## REFERÊNCIAS

- ACCETTI, K. M. **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria**. 1998. Tese de Mestrado – Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1998.
- ALMEIDA, C.A. **Construções em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos: um breve panorama do empreendimento: aspectos do mercado, importância do planejamento e ações para prevenir falhas frequentes**. 1990. Interciência, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. 2014. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ, 2014.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15270-1**. 2005. Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, RJ, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15270-2**. 2005. Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, RJ, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15270-3**. 2005. Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, RJ, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15873**. 2010. Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, RJ, 2010.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15961-1**. 2011. Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto. Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15961-2**. 2011. Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto. Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- CAMACHO, S. J. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 2006. Anais. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filhos, Ilha Solteira, SP, 2006.
- COÊLHO, R. S. A. **Alvenaria estrutural**. 1998. Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA, 1998.
- DUARTE, B. D. **Recomendações para projeto e execução de edifícios em alvenaria estrutural**. 1999. Senai, Porto Alegre, RS, 1999.
- FRANCO, L. S. **O desenvolvimento de processos construtivos em alvenaria estrutural**. 1991. III Simpósio de desenvolvimento de materiais e componentes de construção civil, Florianópolis, 1991.
- HENDRY, A. W. **Structural Masonry**. 1990. Londres, Macmillan. 1990.
- KALIL, S. M. B. **Alvenaria estrutural**. 2007. Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre, RS, 2007.

MACHADO, S. L. **Sistemática da concepção e desenvolvimento de projetos arquitetônicos para alvenaria estrutural.** 1999. Tese de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1999.

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

RAUBER, F. C. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria.** 2005. Tese de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade.** 2007a. Tese de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007.

RICHTER, C. **Alvenaria estrutural: processo construtivo racionalizado.** 2007b. Apostila do Curso de Extensão na Área de Ciências Exatas e Tecnológicas – Universidade Federal do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2007.

ROMAN, H. R.; FILHO, PARIZOTTO, S. F. **Manual de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos.** 2006. Desenvolvimento de material didático ou institucional – Capacitação técnica, 2006.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. **Construindo em alvenaria estrutural.** 1999. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1999.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos e processos construtivos.** 1989. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1989.

SANTOS, M. D. F. **Técnicas construtivas em alvenaria estrutural.** 1998. Tese de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1998.

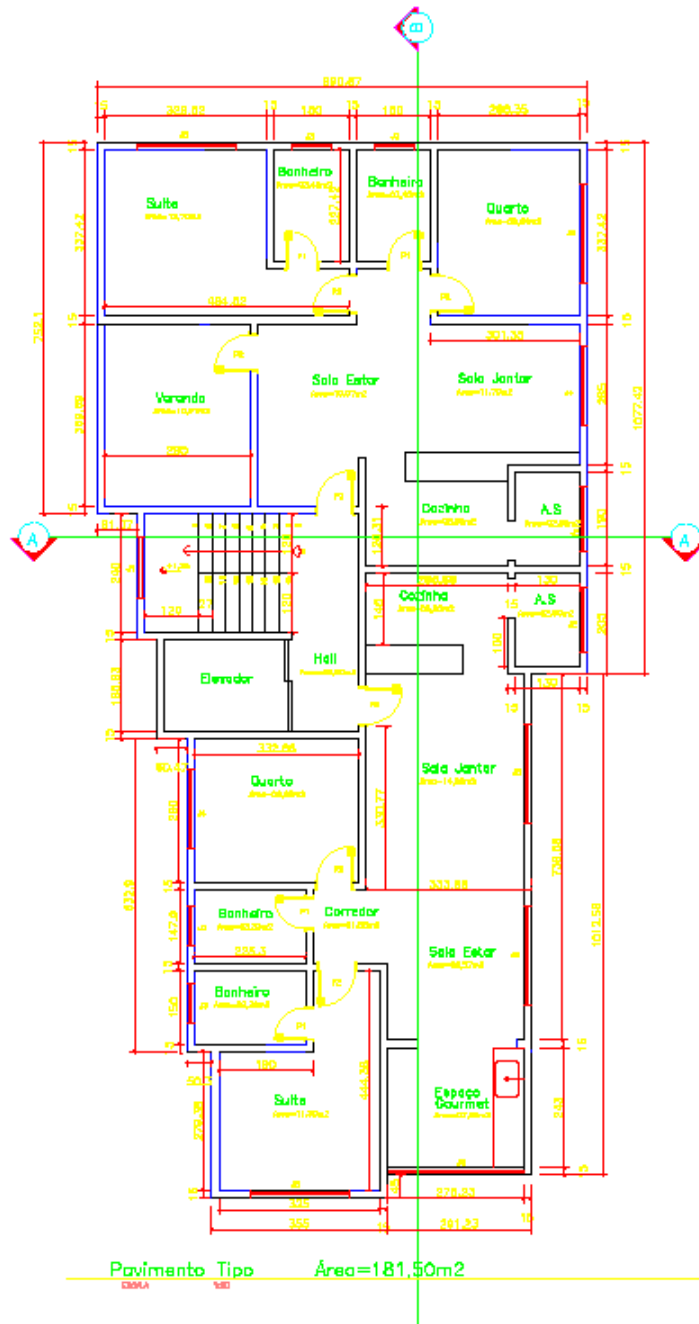
TAUIL, C. A.; NESSE, F. J. M. **Alvenaria estrutural.** 2010. São Paulo: Editora Pini, 2010.

THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenaria de vedação em edifícios.** 2000. Boletim técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2000.

VARGAS, H. G. **Disenando y construyendo con albanileria.** 1987. Lima: Editora Promo Grupo, 1987.

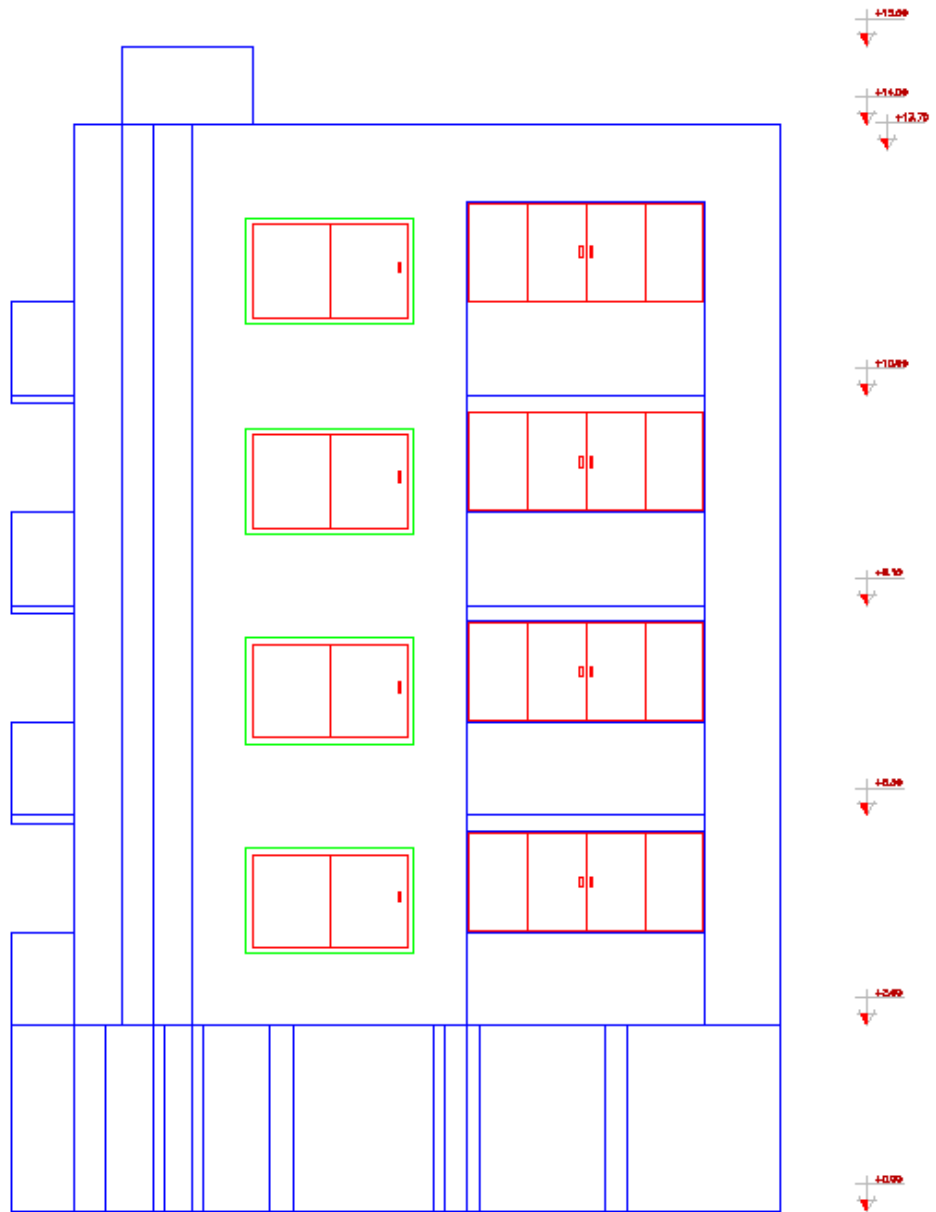
# ANEXO I


## PROJETO ARQUITETÔNICO DOS PAVIMENTOS TIPO DO EDIFÍCIO



# ANEXO II

## FACHADA DO EDIFÍCIO



 **Elevação Principal**  
ESCALA 1:50