

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE
EDIFÍCIO DE ALVENARIA ESTRUTURAL E DE
CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM ENGENHARIA CIVIL

Lázaro Augusto Dellatorre

Santa Maria, RS, Brasil.

Dezembro, 2014.

ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE EDIFÍCIO DE ALVENARIA ESTRUTURAL E DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL

Lázaro Augusto Dellatorre

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), com requisito parcial para obtenção de grau de Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gihad Mohamad

Santa Maria, RS, Brasil.

Dezembro, 2014.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Curso de Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE EDIFÍCIO DE
ALVENARIA ESTRUTURAL E DE CONCRETO ARMADO
CONVENCIONAL**

Elaborada por
Lázaro Augusto Dellatorre

como requisito parcial para obtenção de grau de
Engenheiro Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Gihad Mohamad, Dr.
(Presidente/Orientador)

Gerson Moacyr Sisniegas Alva, Dr.

Eduardo Rizzati, Dr.

Santa Maria, dezembro de 2014

AGRADECIMENTOS

A Deus acima de tudo, por me dar inspiração para alcançar meus objetivos com prazer e dedicação e por sempre me guiar nas minhas escolhas.

Aos meus Pais pelo apoio e confiança depositada em mim para a realização do meu sonho, também por estarem sempre presentes nas horas boas e nas horas ruins.

Ao meu Irmão Emanuel, pelo companheirismo, interesse no meu crescimento profissional e por estar sempre do meu lado agregando conhecimento e disposição para sempre seguir em frente.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gihad Mohamad pela paciência, dedicação e a disponibilidade imposta na orientação do trabalho e em principal nessa etapa final.

Ao eng. Alexandre Menegazzo pelo apoio e ajuda na execução do projeto estrutural e também pelo conhecimento prático na área de engenharia.

Aos meus colegas e amigos em especial há Poliana Bellei que muito me apoiou e dedicou seu tempo para colaborar com a minha formação.

Aos meus familiares que sempre estiveram por perto quando necessitei de colaboração e ajuda.

Resumo

Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Maria

ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE EDIFÍCIO DE ALVENARIA ESTRUTURAL E DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL

AUTOR: LÁZARO AUGUSTO DELLATORRE

ORIENTADOR: GIHAD MOHAMAD

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 03 de dezembro de 2014.

O trabalho realizado incide em representar um estudo comparativo entre dois sistemas construtivos o de concreto armado convencional e o de alvenaria estrutural, para a execução de projetos e empreendimentos na fronteira oeste do Rio Grande do Sul.

Devido ao interesse da população, muitas vezes de baixa renda, buscam redução no preço final para viabilizar o financiamento de imóveis, e como a indústria da construção civil esta sendo impulsionada, é de grande interesse estes novos métodos construtivos, pois além de serem eficientes, possuem um menor custo final da obra.

O presente estudo compara os dois sistemas construtivos mais utilizados na atualidade, alvenaria estrutural de blocos cerâmicos com laje pré-moldada e estrutura de concreto armado convencional, arranjada por pilares, vigas, lajes e com alvenaria de vedação, levando em consideração o mesmo edifício, analisando seus custos de execução.

Na realização do comparativo, será adotado o mesmo projeto, para a formação das planilhas de quantitativos e preços de cada composição existente, bem como gráficos indicando a diferença de custos para cada sistema. A alvenaria estrutural apresentou uma alternativa mais atraente, obtendo uma redução significativa nos custos do empreendimento realizado.

Palavras chave: Alvenaria estrutural. Concreto armado convencional. Menores custos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Armaduras para concreto armado com suas bitolas, áreas transversais de aço e massa linear.....	46
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide de Quéops.....	20
Figura 2 - Edifício Monadnock em Chicago.....	21
Figura 3 - Teatro Municipal em São Paulo	22
Figura 4 - Empreendimento em alvenaria estrutural	24
Figura 5 - Modelo em alvenaria estrutural	26
Figura 6 - Tipos de blocos cerâmicos	28
Figura 7 - Aplicação da argamassa de assentamento na alvenaria estrutural.....	29
Figura 8 - Armadura utilizada na alvenaria estrutural com grout	31
Figura 9 - Lançamento do grout no bloco canaleta.....	32
Figura 10 - Ingall Building	36
Figura 11 - Edifício A Noite no Rio de Janeiro	37
Figura 12 - Ponte Baumgart em Santa Catarina	38
Figura 13 - Elementos básicos da estrutura de concreto armado	39
Figura 14 - Diagrama de produção de concreto armado convencional	40
Figura 15 - Modelo da estrutura de concreto armado convencional.....	41
Figura 16 - Representação do cimento Portland.....	43
Figura 17 - Agregado de areia natural e seixo rolado.....	44
Figura 18 - Planta baixa pavimento tipo.....	54
Figura 19 - Fachada do edifício	55
Figura 20 – Modulação da edificação.....	57
Figura 21 - Representação das resistências de projeto.....	58
Figura 21 - Representação dos blocos utilizados	58
Figura 22 - Dimensionamento da estrutura em concreto armado.....	64
Figura 23 - Modelo estrutural em concreto armado.....	65

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Custo global da estrutura de alvenaria estrutural e concreto armado.....70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -. Constam os valores e o orçamento dos blocos compensadores obtidos pela Cerâmica Palotti.....	60
Quadro 2 - Constam os valores utilizados no orçamento dos blocos canaletas obtidos pela Cerâmica Palotti.....	60
Quadro 3 -. Custo da superestrutura do primeiro pavimento em concreto armada convencional.....	61
Quadro 4 - Custo da superestrutura e paredes para o sistema de Alvenaria Estrutural.....	62
Quadro 5 - Custo total para o sistema de Alvenaria Estrutural - setembro/2014.....	63
Quadro 6 - Custo da superestrutura e paredes para o sistema de Concreto Armado- Setembro/2014.....	66
Quadro 7 - Comparativo de custo entre as estruturas.....	68
Quadro 8 - Comparativo de custo entre as estruturas por porcentagens.....	68

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BDI - Benefício de Despesas Indiretas

fck - Resistência Característica do Concreto à Compressão

LTDA - Limitada

Mpa - Mega Pascal

SINAPI - Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.2 Justificativa.....	15
1.3 Objetivos do Trabalho.....	16
1.3.1 Objetivos principais.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Estruturas do Trabalho.....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 Técnica, método, processo e sistema construtivo	18
2.2 História do sistema construtivo em alvenaria estrutural	19
2.2.1 Apresentação do sistema construtivo.....	23
2.2.1.1 Tipos de Alvenaria.....	24
2.2.1.2 Tipos de paredes em alvenaria estrutural.....	25
2.2.2 Componentes da alvenaria estrutural.....	26
2.2.2.1 Unidade.....	27
2.2.2.2 Argama.....	28
2.2.2.3 Armadura.....	30
2.2.2.4 Grout.....	31
2.2.3 Pontos positivos e pontos negativos da alvenaria estrutural.....	32
2.2.3.1 Pontos positivos.....	33
2.2.3.2 Pontos negativos.....	34
2.3 História do sistema construtivo em concreto armado convencional	34
2.3.1 Apresentação do sistema construtivo.....	38
2.3.2 Principais constituintes do concreto armado.....	41
2.3.2.1 Cimento.....	42
2.3.2.2 Agregados.....	44
2.3.2.3 Água.....	45
2.3.2.5 Armadura.....	46
2.3.3 Elementos estruturais do concreto armado.....	47
2.3.4 Pontos positivos e pontos negativos do concreto armado.....	47
2.3.4.1 Pontos positivos.....	48

2.3.4.2 Pontos negativos.....	49
2.4 Sinapi.....	50
3 ESTUDO DE CASO.....	51
4 APRESENTAÇÃO DO COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE ALVENARIA ESTRUTURAL E CONCRETO ARMADO.....	53
4.1 Apresentação do edifício-padrão.....	53
4.2 Levantamento de custos entre os dois sistemas estruturais.....	55
4.2.1 Sistema construtivo em alvenaria estrutural.....	56
4.2.2 Sistema construtivo em concreto armado	63
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	67
6 CONCLUSÃO.....	72
7 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	73

1 INTRODUÇÃO

Com a obrigação de contribuir com novos empreendimentos no mercado imobiliário, é de suma importância e necessidade, levar em consideração parâmetros com melhores técnicas construtivas para promover o crescimento e possibilitar melhores investimentos na área da construção civil. Nos dias de hoje, a sociedade se deparou com novas exigências e com uma competitividade maior no meio da construção civil, por isso, a aplicação de novas técnicas e novos métodos construtivos, foram renovadas e relacionadas à eficiência com um menor custo do empreendimento.

Uma das maiores prioridades das empresas no ramo da construção é a economia na execução das obras, construir passa a ser uma questão de custo e controle de gastos, dessa forma, observa-se a busca por novas técnicas que facilitem o serviço. O objetivo dos empreendimentos é atuar na relação preço e qualidade. A engenharia sempre está buscando aprimorar-se em relação ao crescimento e desenvolvimento exigidos pelo mercado imobiliário, como é o caso da alvenaria estrutural, que vem sendo empregada por diversas empresas, visto como, uma evolução significativa na redução de custos e nas soluções para o desperdício de materiais em obra (FERNANDES; SILVA FILHO, 2010).

Segundo Mello (2004), o investimento em imóveis, está crescendo relativamente, pois o interesse das pessoas em ter sua casa própria aumenta a cada dia, fazendo com que a população procure um sistema construtivo de baixo custo e boa qualidade, dentro desse quesito a alvenaria estrutura passa a ganhar espaço referente às construções convencionais de concreto armado.

No passar dos anos, pode-se observar a modificação da construção civil, influenciada por uma série de fatores, fazendo com que houvesse aumento na competição das empresas e entrada de novos concorrentes. A fim de garantir um lucro satisfatório, a eficiência no processo construtivo vem se tornando o objetivo das construtoras, pois assegura a sua permanência no mercado. Fatos como a racionalização de mão-de-obra, agilidade, diminuição de custos e redução de desperdícios, são fatores satisfatórios no sistema construtivo de alvenaria estrutural,

isso explica porque esse sistema vem substituindo a estrutura em concreto armado, pois possibilita uma economia e um bom acabamento (FERNANDES; SILVA FILHO, 2010).

O Sistema de alvenaria estrutural requer restrições econômicas onde só é viável para edificações de até 15 pavimentos, a partir disso, torna-se necessária a comparação com a estrutura de concreto armado convencional, para verificar qual o sistema que é mais econômico (MANZIONE, 2003).

A realização desta pesquisa adota como tema a comparação de custos entre um edifício construído em alvenaria estrutural e um edifício análogo, mas executado em concreto armado convencional.

Com a instalação da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, o município de Alegrete, teve um crescimento considerável em números de obra, isso para atender a demanda populacional existente. Esse município tinha um índice de construção e desenvolvimento urbano muito baixo, a adaptação com a chegada da universidade está sendo um desafio a ser enfrentado, pois vários empreendimentos estão sendo construídos em um curto espaço de tempo. O sistema de alvenaria estrutural ainda está sendo aceito pela população, é um sistema novo e inovador para a região, as obras tem no máximo 6 anos de existência, onde comparado com capitais brasileiras, torna-se um sistema de empreendimento em adaptação.

1.2 Justificativa

Através de estudos realizados sobre o sistema construtivo em alvenaria estrutural, notou-se que, na região da fronteira oeste do Rio Grande do Sul, a procura por esse empreendimento é muito baixa. Esse sistema pode ser uma solução para o crescimento socioeconômico da região.

A racionalização, baixo custo da obra e menor geração de resíduos, tornam a alvenaria estrutural um sistema muito utilizado em várias regiões do país, mesmo obtendo essas vantagens, ainda há motivos de críticas, principalmente pela falta de

conhecimento, não só dos profissionais da área, mas também da maioria da população.

O sistema construtivo de concreto armado convencional, nem sempre é o mais adequado economicamente, mesmo obtendo uma maior aceitação e mão de obra apta para sua execução, por este motivo, percebe-se a grande necessidade do desenvolvimento desta pesquisa. Obtendo posse dessas informações, será possível fornecer resultados que sirvam de referência para a realização de novas pesquisas.

1.3 Objetivo do trabalho

Os objetivos deste trabalho estão classificados a seguir como principais e específicos e são apresentados nos próximos itens.

1.3.1 Objetivos principais

O objetivo principal deste trabalho incide na realização de um estudo comparativo entre o sistema construtivo de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional, com relação aos custos de um mesmo empreendimento.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho envolvem as análises de custos e as diferenças dos sistemas construtivos de alvenaria estrutural e concreto armado convencional, identificando os custos dos materiais utilizados e da mão de obra para a execução de ambos os sistemas construtivos, fazendo então um comparativo entre os custos orçados.

1.4 Estruturas do Trabalho

Nesse capítulo são feitas as considerações iniciais do capítulo introdutório que justifica o tema escolhido e exhibe o objetivo, a hipótese adotada, a justificativa e a estrutura do trabalho.

O atual trabalho está estruturado da seguinte maneira:

- No Capítulo I apresenta-se a introdução, com breves considerações sobre os sistemas construtivos, o tema da pesquisa, a contextualização do problema e da questão de pesquisa, os objetivos gerais e específicos, e as justificativas.
- No Capítulo II consta a revisão bibliográfica, contendo a explicação dos sistemas construtivos de alvenaria estrutural e em concreto armado convencional, com as características de cada um e suas vantagens;
- No Capítulo III encontra-se a metodologia adotada para desenvolvimento e realização desta presente pesquisa;
- No Capítulo IV demonstra-se a apresentação da pesquisa, com o enfoque do que foi realizado bem como os métodos utilizados para alcançar os objetivos deste trabalho;
- No Capítulo V é consolidada a análise dos resultados através dos gráficos comparando os custos entre os dois sistemas construtivos;
- No Capítulo VI estão exibidas as conclusões obtidas para esta pesquisa, juntamente com sugestões para trabalhos posteriores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Devido às exigências de aperfeiçoamento desenvolvido durante o decorrer do tempo, a engenharia através de estudos sempre está buscando alternativas construtivas, pois diante de um mercado tão exigente e bastante competitivo as reduções no custo de materiais e mão-de-obra e as soluções racionais para o desperdício e otimização de materiais são de grande importância para atender as

necessidades do homem e as exigências da sociedade (FERNANDES; SILVA FILHO, 2010).

Neste capítulo está apresentada a definição dos sistemas construtivos de alvenaria estrutural e em concreto armado convencional, explicando-se seus métodos, aplicações, as vantagens e limitações de cada sistema.

2.1 Técnicas, método, processo e sistema construtivo.

Sendo estes os termos fundamentais para o entendimento deste trabalho, e que frequentemente são utilizados de formas equivocadas, Sabbatini (1989) apresenta uma maneira objetiva de como se referir e entender o significado de cada, como segue:

- a) Técnica construtiva: é um conjunto de tarefas empregadas em um determinado serviço para produção de uma parte da edificação. Por exemplo, o levante de uma parede em alvenaria.
- b) Método construtivo: é um conjunto de técnicas de construção interligadas, regularmente especificadas e organizadas, empregados na construção de uma parte da edificação. Por exemplo, para fazer uma estrutura de concreto armado como a ligação de vigas, pilares e lajes, requer-se um conjunto ordenado de técnicas específicas para sua construção, as quais devem interagir entre si e possuir uma sequência correta e bem determinada.
- c) Processo construtivo: um dado processo construtivo se caracteriza pelo conjunto de métodos construtivos utilizados em sua edificação, de forma organizada e bem definido modo de se executar uma edificação. Por exemplo, quando se cita um processo construtivo em alvenaria estrutural aplicado em blocos cerâmicos se está referindo ao modo e o método de construir a estrutura e as vedações de um edifício.

d) Sistema construtivo: é um processo construtivo de elevadas etapas de organização e sistematização, constituído por um conjunto de elementos e componentes integrados pelo processo. Um sistema construtivo é um processo muito bem estabelecido.

Desta forma, conforme Sabbatini (1989), um sistema deve ser percebido como um conjunto de partes coordenadas que guardam relações recíprocas perfeitamente determinadas enquanto que, um processo deve ser entendido como um conjunto de métodos inter-relacionados.

Existem diversos tipos de propostas e sistemas construtivos no país. Reconhecendo que a indústria da construção civil está em constante aprimoramento, o foco e comparativo deste trabalho são os sistemas construtivos em alvenaria estrutural que é um sistema racional e acata a redução de custos e em concreto armado que é um sistema construtivo convencional vastamente utilizado no Brasil.

2.2 História do sistema construtivo em alvenaria estrutural

A alvenaria é um material de construção tradicional que tem sido usado há milhares de anos e está entre as mais antigas formas de construção empregadas pelo homem. Ela tem sido utilizada vastamente pelo ser humano em suas moradas, templos religiosos e monumentos. Como exemplo pode ser citado: a pirâmide de Quéops na figura 1, em que foram utilizados mais de dois milhões de blocos de pedra (ACETTI, 1998).



Figura 1 – Pirâmide de Quéops. (Fonte: Antoine Bovis, 1930)

Segundo Hendry (2002), a alvenaria estrutural passou a ser tratada como uma tecnologia na construção civil por volta do século XVII. Apesar de terem sido realizados testes de resistência dos elementos de alvenaria estrutural no século 19 e 20, em diversos países, as limitações eram amplas, apresentando, assim, métodos de cálculo empíricos pouco eficientes.

Nesta época (19 e 20), vários edifícios em alvenaria estrutural foram construídos com espessuras excessivas de paredes (HENDRY, 2002). O Edifício Monadnock, em Chicago, ilustrado na figura 2, construído entre 1889 a 1891, com 16 pavimentos e 65 metros de altura, foi um dos edifícios calculados pelo método empírico da época e chega ter uma espessura de 1,80 metros. O edifício tornou-se um símbolo da moderna alvenaria estrutural (RAMALHO; CORRÊA, 2003).



Figura 2 – Edifício Monadnock em Chicago. (Fonte: Holabird e Roche, 1893)

O concreto armado e o aço estrutural permitiram na época a construção de edifícios mais esbeltos, com peças de pequenas dimensões, assim a alvenaria perdeu espaço e conduziu-se, prioritariamente, às edificações de pequeno porte.

Após a realização de uma linha de experimentos na década de 50, na Europa, foi dimensionado e construído na Suíça um edifício de 13 pavimentos com paredes internas de 15 cm de espessura e externas de 37,5 cm, por tais motivos a alvenaria estimulou novamente o interesse como uma opção para a construção de empreendimentos (ACETTI, 1998).

No Brasil, a alvenaria estrutural é utilizada desde o início do século XVII, mas a partir da década de 70, passou a ser tratada como uma tecnologia de engenharia, através do projeto estrutural fundamentado em princípios regularizados

cientificamente (RAMALHO, CORRÊA, 2003). No ano de 1966, em São Paulo, surgiam os primeiros edifícios com blocos vazados de concreto. A Figura 3 mostra uma das construções mais relevantes em alvenaria estrutural, sendo sua construção realizada entre os anos de 1903 a 1911.

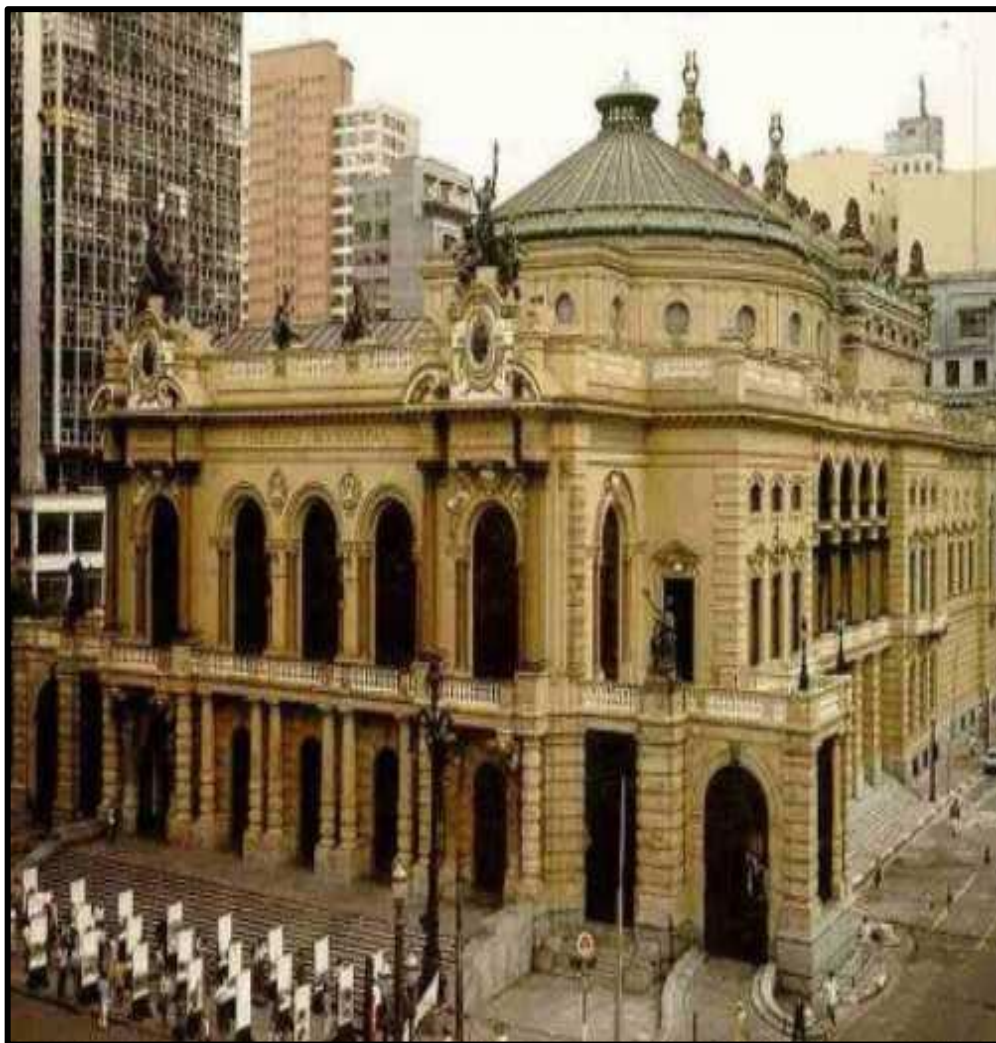


Figura 3: Teatro Municipal de São Paulo. (Fonte: Silva, W. (2003, p. 8))

Este sistema construtivo foi concretizado no Brasil na década de 80, após anos de adequação e desenvolvimento, através da normalização oficial consistente e razoavelmente ampla (SABBATINI, 2003). Como por exemplo, os empreendimentos habitacionais de baixa renda que estão sendo desenvolvidos em grande escala no país.

2.2.1 Apresentação do sistema construtivo

Atualmente pode-se definir alvenaria estrutural como sendo um conjunto coeso e rígido de tijolos e blocos, executados em obra e unidos por juntas de argamassa, projetado para resistir a esforços de compressão. As paredes se denominam um processo construtivo, onde servem como elementos portante e elementos de vedação, suportando o peso da estrutura, (cargas verticais devidas ao peso próprio e ocupação as cargas laterais originadas pela ação do vento e desaprumo).

Segundo Hendry (2002), para influenciar na resistência a compressão da alvenaria, alguns fatores são importantes, tais como:

- resistência dos blocos;
- resistência da argamassa;
- espessura da junta de argamassa;
- absorção inicial de água;
- condições de cura;
- qualidade da mão de obra.

Entretanto, a alvenaria estrutural não deve ser avaliada apenas pelo seu desempenho, a modulação e a racionalização do projeto são as essências de uma obra feita em alvenaria estrutural. A existência da compatibilização e integração entre projetos arquitetônicos, elétricos, hidráulico e estrutural são de extrema importância podendo gerar uma redução expressiva no custo total da obra (FERREIRA; POMPEU JUNIOR, 2010).

O profissional deve se basear em um equilíbrio nas distribuições das paredes estruturais, fazendo com que ocorra o máximo de simetria possível na edificação, levando em consideração o sentido vertical e horizontal das paredes garantindo assim a estabilidade global da estrutura em relação às cargas horizontais. Se ocorrer uma distribuição de carga desorientada, pode levar a necessidade da utilização de materiais com resistências diferentes para as paredes do mesmo pavimento, ou o grauteamento de determinadas pares, aumentando o custo do

empreendimento (LISBOA, 2008). Na Figura 4 é possível visualizar alguns empreendimentos sendo executado em alvenaria estrutural.



Figura 4 – Modelo simétrico de estrutura em alvenaria estrutural. (Fonte: Pauluzzi, 2012)

2.2.1.1 Tipos de Alvenaria

Segundo Santos (1998) e Lisboa (2008) as alvenarias classificam-se em:

Alvenaria não-armada: Nesta, são empregados blocos sílico-calcários, cerâmicos ou de concreto, maciços ou perfurados, assentados com argamassa. Neste tipo de alvenaria, “as tensões de tração devem ser minoradas, ou totalmente evitadas no projeto, através de procedimento adequado”, os reforços de aço ocorrem apenas por necessidades construtivas, vale salientar que a alvenaria não

armada é de mais simples execução e, aparentemente, mais econômicas (OLIVEIRA, 1992).

Alvenaria armada: Segundo Santos (1998) e Lisboa (2008), nesta são utilizados blocos vazados de concreto ou blocos Cerâmicos, assentados com argamassa. É reforçada por exigências estruturais, ou seja, preenchidos com grout, contendo armadura coberta o suficiente para atender às exigências estruturais.

Alvenaria protendida: É reforçada por armadura pré-tensionada, que reprime a alvenaria a esforços de compressão.

Alvenaria resistente: São alvenarias construídas para resistirem a cargas além de seu peso.

Alvenaria estrutural: É toda a estrutura em alvenaria, que possui um dimensionamento com processos racionais de cálculo com propósito de suportar cargas além do seu peso próprio.

2.2.1.2 Tipos de paredes em alvenaria estrutural

De acordo com Roman, Mutti e Araújo (1999, p. 16), as paredes como elementos de alvenaria podem ser subdivididas em:

Paredes de vedação: são aquelas que têm a função de dividir ambientes internos, externos e as tubulações hidráulicas, resistindo apenas ao seu peso próprio.

Paredes estruturais: São dimensionadas através de processos racionais de cálculos, têm a função de resistir a todas as cargas verticais provenientes da estrutura, ou seja, as de ocupação e as acidentais aplicadas sobre elas;

Paredes de contraventamento: são paredes estruturais projetadas para suportarem as cargas horizontais e cargas externas (ação do vento) paralelas aos seus planos, dessa forma promovendo o “travamento” da estrutura.

Paredes enrijecedoras: têm a função de enrijecer as paredes estruturais contra a flambagem. Na figura 5 proporciona modelo de estrutura de parede em alvenaria estrutural.



Figura 5 - Modelo de estrutura em alvenaria estrutural. (Fonte: Lisboa, 2008)

2.2.2 Componentes da alvenaria estrutural

Conforme Ramalho & Corrêa (2003), serão empregados dois conceitos básicos, onde é importante informar seu significado. No texto, esses conceitos são citados com o significado que possuem na NBR 10837.

Um componente da alvenaria compreende-se por algo que compõe os elementos e que por finalidade fazem parte da estrutura. Os componentes principais da alvenaria estrutural são: as unidades, argamassas, armadura e graute. Logo os elementos são uma parte crescida da estrutura, através da utilização de pelo menos dois componentes citados anteriormente. Como por exemplo: pilares, cintas, vergas, paredes entre outros (FIGUEIRÓ, 2003).

2.2.2.1 Unidade

De acordo com Rodrigo Zambotto Pastro (2007) existem diversos tipos de materiais para ser usado em formato de bloco, como o bloco cerâmico, o bloco de sílico-calcário, bloco de concreto celular e o de cimento.

As unidades podem ter formas maciças (tijolos) ou vazadas (blocos). São consideradas maciças quando o índice de vazios não exceder a 25%, quando ultrapassarem este limite será denominado vazado. É preciso avaliar o que está sugerido nas normas técnicas brasileiras, no que diz respeito às resistências mínimas que cada unidade (RAMALHO E CORREA, 2003).

A NBR 15270 – Bloco Cerâmico para Alvenaria – (ABNT, 2005) indica que a resistência mínima característica do bloco a compressão deve ser de 4 MPa, para blocos de concreto. Agora a NBR 6136 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural – (ABNT, 2007) determina que o mínimo de resistência a compressão para blocos usados em paredes externas sem revestimento seja de 6 MPa e para paredes internas, ou externas, com revestimento deve ser de 4,5 MPa.

A escolha do tipo de bloco depende do conforto que se deseja aos usuários, dos aspectos mercadológicos, comerciais e culturais, normalmente a decisão deve ser do construtor apoiado pelo projetista. As características mecânicas do bloco também interferem na escolha, por exemplo: para executar instalações os blocos vazados são melhores que os perfurados; as paredes maciças são mais fáceis de serem assentadas que as vazadas ou perfuradas (ACETTI, 1998).

Na figura 6 tem a representação das dimensões, do formato e da resistência característica a compressão dos blocos cerâmicos, fabricados pela empresa Pauluzzi Blocos Cerâmicos Ltda, do estado do Rio Grande do Sul.

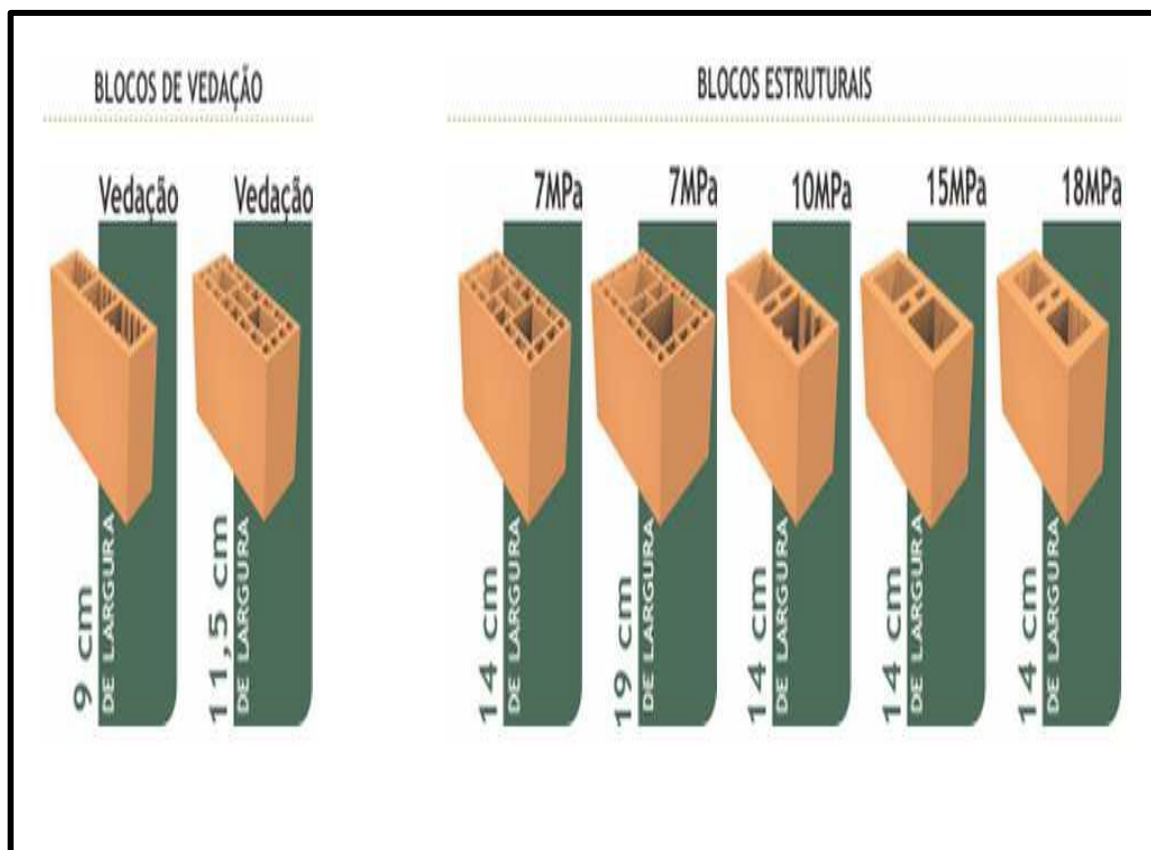


Figura 6 – Tipos de blocos cerâmicos. (Fonte: Pauluzzi, 2012)

2.2.2.2 Argamassa

A argamassa de assentamento possui as funções de unir as unidades, transmitir e padronizar as tensões entre blocos, absorver as pequenas deformações e prevenir a entrada de vento nas edificações. A plasticidade, trabalhabilidade, resistência e durabilidade são fatores indispensáveis para uma argamassa que é composta por cimento, areia, cal e água (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Entretanto, para agilizar a produção e diminuir as perdas, é utilizado a argamassa industrializada, a qual pode ser misturada no local de aplicação e guardada em sacos, impedindo a necessidade de centrais de produção e favorecendo o transporte dentro da obra (ARCARI, 2010). Na figura 7 mostra a aplicação de argamassa industrializada nas paredes de alvenaria.

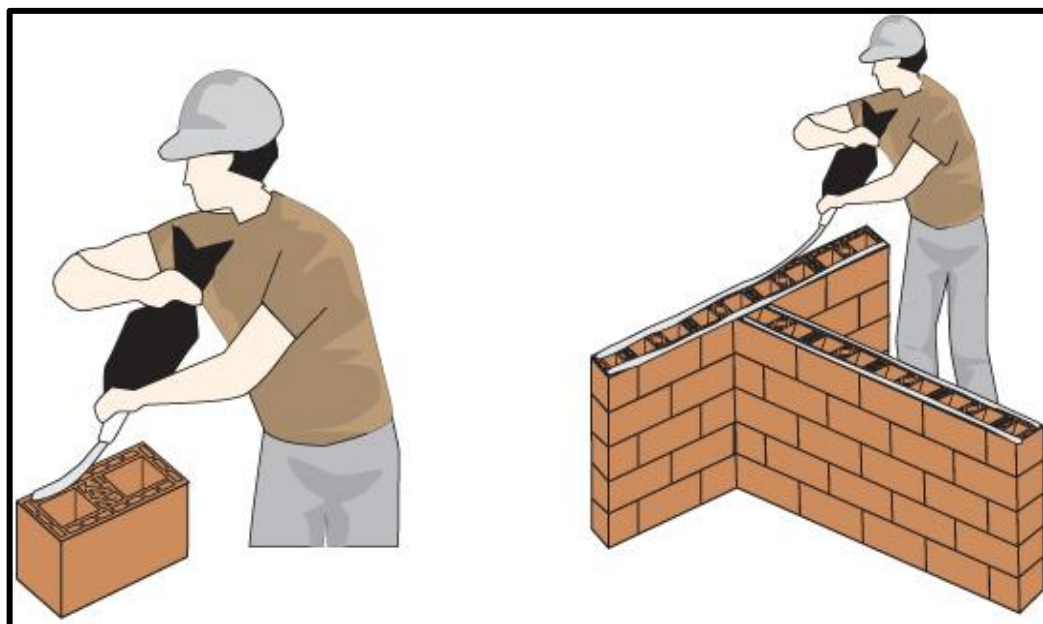


Figura 7 – Aplicação de argamassa de assentamento em alvenaria estrutural (Fonte: www.selectablocos.com.br)

De acordo com Oliveira Junior (1992), a argamassa deve possuir características no estado fresco e endurecido, para o estado fresco tem as seguintes características:

Trabalhabilidade – é considerada a mais importante propriedade da argamassa e significa a fácil aplicação e espalhamento sobre o bloco e uma boa aderência nas superfícies laterais. Nela são apresentados fatores importantes como a consistência plasticidade e coesão.

Retenção de água – é a disposição que a argamassa possui de reter a água de amassamento, impedindo que haja perdas por evaporação, ou pela absorção dos blocos após o assentamento. A durabilidade e estanqueidade das paredes estão relacionadas a uma retenção de água adequada.

Taxa ou Velocidade de endurecimento – Depende das condições climáticas e das reações químicas dos aglomerantes. Quando a velocidade de endurecimento for muito rápida, o tempo de aplicação se reduz para obter uma melhor trabalhabilidade, quando a velocidade de endurecimento for muito baixa a aplicação deve ser alterada, se tornando mais lenta, pois a argamassa não apresentará a resistência suficiente para suportar as sobrecargas dos blocos.

Para a argamassa no estado endurecido, deve haver as seguintes características:

Resistência à compressão – a resistência à compressão depende da composição do aglomerante utilizado, quanto maior o teor de cimento mais resistente e quanto maior o teor de cal maior a perda de resistência. A resistência da argamassa não deve ser maior do que as dos blocos da parede, mas deve ser suficiente para suprir os esforços submetidos (CARASEK, 2007).

Aderência – é a capacidade que o bloco e a argamassa possuem de absorver tensões de cisalhamento e normais, sem romper.

Elasticidade – é a propriedade que a argamassa tem de se deformar sem provocar ruptura, retornando as posições originais, tem como um estado tal de deformação em que a ruptura ocorre em modo de microfissuras.

Durabilidade – a infiltração da água é um dos agentes mais prejudiciais que a exercer na argamassa exposta, assim prejudicando a evaporação da água aprisionada, e assim aparecendo patologias como as fissuras e as manchas.

2.2.2.3 Armadura

Com relação à armadura, as barras de aço usadas no sistema construtivo de alvenaria estrutural são as mesmas barras empregadas no sistema de concreto armado, mas como os componentes da alvenaria devem trabalhar monoliticamente, a armadura deve ser revestida com um graute (RAMALHO; CORRÊA 2003).

De acordo com Oliveira (1992) afirma que a função da armadura é de travamento, de combate à retração, de ajuda à alvenaria aos esforços de tração e de compressão. Elas também são usadas nas juntas das argamassas de assentamento e seu diâmetro mínimo deve ser 3,8mm.

A armadura tem como função receber os esforços de tração e as mesmas tensões provocadas pelos esforços de tração devem ser compatíveis com a alvenaria (MANZIONE, 2003). Na figura 8, está representado as armaduras utilizada no sistema de alvenaria estrutural.



Figura 8 – Armadura vertical utilizada na alvenaria estrutural com aplicação de grout. (Fonte: www.inf.ufrgs.br)

2.2.2.4 Grout

O grout é um concreto que possui agregados de pequenas dimensões, e tem uma plasticidade relevante para preencher os vazios dos blocos. Sua principal finalidade é a consolidação entre os blocos e a armadura existente em seu interior, para que ambos trabalhem monoliticamente, assim aumentando a área resistente (OLIVEIRA, 1992)

De acordo com a NBR 10837, o grout deve ter sua resistência característica maior ou igual a duas vezes a resistência característica do bloco.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003) o grout também é utilizado para o preenchimento de vazios dos blocos e canaletas, podendo elevar a capacidade portante da alvenaria à compressão, sem aumentar a resistência do bloco. Para formar uma estrutura monolítica o grout deve envolver completamente a armadura e promover uma aderência tanto a ela como ao bloco.



Figura 9 – Lançamento do grout no bloco canaleta.(Fonte: www.setorvidreiro.com.br)

2.2.3 Pontos positivos e pontos negativos da alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural vem se desenvolvendo e ganhando espaço na construção civil, as principais características que aceleram esse crescimento e que se destacam em relação aos outros sistemas construtivos é a velocidade de execução, a flexibilidade que o sistema é capaz de adotar e a economia referente aos custos da construção. No texto abaixo estão citados os pontos positivos e negativos da alvenaria estrutural, de acordo com os autores Lisboa (2008) e Figueiró (2003).

2.2.3.1 Pontos positivos

Nos pontos positivos são representadas as vantagens na utilização da alvenaria estrutural em relação ao sistema convencional de concreto armado. Assumindo referências principais na questão econômica do empreendimento, estão representados alguns fatores de influência como:

- Formas - as formas necessárias estão restringidas apenas para a execução de lajes, tem um baixo custo e possui um alto grau de reaproveitamento.
- Paredes - melhoria acústica, instalação das tubulações hidráulicas e elétricas.
- Armadura - custo muito reduzido pelo pouco consumo de aço e de dobras nas amarrações.
- Mão de Obra - exige menos operário devido à simultaneidade da execução, por exemplo, o mesmo pedreiro que faz o levante da alvenaria, pode fazer a passagem dos eletrodutos nos blocos, a colocação das armaduras e pode deixar instaladas as peças pré-moldadas nas vergas e contra vergas.
- Redução do desperdício de materiais - Como as paredes não admitem intervenções posteriores como rasgos ou aberturas para qualquer método de instalação acabam sendo uma importante causa da eliminação de desperdícios, reduzindo assim em 67% o material não aproveitável a ser retirado.
- Flexibilidade na execução - se a obra for de lajes pré-moldadas o planejamento da obra não está relacionado com o tempo necessário para a cura do concreto.
- Com base nas etapas e tempo na produção - Na Alvenaria estrutural as simultaneidades que os operários exercem para a construção dos diferentes métodos construtivos acabam reduzindo o tempo de execução até 50%, assim acelerando o cronograma da obra e diminuindo encargos financeiros.
- Redução do acabamento e revestimento – Conforme a qualificação da mão-de-obra para execução e a qualidade dos blocos utilizados, a redução de revestimento é expressiva. Em alguns casos, chapisco em emboço podem ser dispensados sem prejudicar a uniformidade de espessura do reboco.

2.2.3.2 Pontos negativos do sistema

Nos pontos negativos são representadas as desvantagens na utilização da alvenaria estrutural em relação ao sistema convencional de concreto armado, que são vistas como:

- Limitação na adaptação da arquitetura após a construção - Depois de serem executadas as paredes da alvenaria estrutural não existe a possibilidade de adequações relevantes no arranjo arquitetônico, pois as paredes têm funções estruturais na edificação, bloqueando assim a estrutura de receber alterações ao decorrer do tempo (RAMALHO; CORRÊA 2003).
- Interferência entre projetos – A impossibilidade de cortar e furar paredes limita e condiciona os projetos de instalações na edificação, e possui uma ampla interferência entre os projetos de arquitetura, estrutural e instalações.
- Utilização da Mão-de-Obra qualificada – Como a alvenaria estrutural tem instrumentos e ferramentas diferentes dos sistemas convencionais, a mão-de-obra deve ser treinada e capacitada para evitar problemas na execução e após a ocupação da obra.

Percebe-se, que a alvenaria estrutural é um sistema construtivo, no qual, sua maior vantagem é a racionalização e sua maior desvantagem é a questão da impossibilidade de alteração no layout arquitetônico.

2.3 História do sistema construtivo em concreto armado convencional

O concreto já era conhecido e utilizado nos tempos do Império Romano, diferentes do atual, mas com características parecidas. Os pioneiros da construção, assírios e babilônios, usaram argila como aglomerantes, os egípcios inovaram com uma ligação mais rígida com argamassa constituída de cal e gesso, os romanos

criaram um aglomerante de maior durabilidade, adicionando ao calcário uma cinza vulcânica, chamada “pozzolana” (SOUZA JUNIOR, [200-]).

O aperfeiçoamento tecnológico dos materiais aglomerantes, que endurecem em contato com a água, tornaram possível a fabricação de uma “pedra artificial”, denominada “concreto” ou “betão”, com a adição de materiais inertes, para aumentar o volume, dar estabilidade físico química e reduzir custos (CLÍMACO, 2005).

O processo de fabricação industrial do cimento Portland, feito por Joseph Apsdin, na Inglaterra, em 1824, proporcionou a proliferação da dosagem do concreto que passou a ser patenteado no mundo todo (LISBOA, 2008).

Entre tanto, pode-se destacar o registro dos franceses Lambot, em 1855, na construção de barcos e Joseph Monier, onde compreendeu que o concreto não estabelece resistência apropriada a peças submetidas à flexão e resolveu experimentar uma argamassa de cimento com armação de arame. Neste contexto, surge o aço, tornando-se o material estrutural da construção civil. Em 1867, Moneir levou seus produtos a uma exposição internacional e despertou o interesse dos engenheiros e firmas alemãs que compram a patente e montaram um laboratório para estudos e experiências (LISBOA, 2008).

Surgiu daí as primeiras conclusões racionais do comportamento do material. Já, o concreto armado surgiu da procura de um material estrutural em que se integrasse a essa pedra artificial, um material com resistência à tração, denominado armadura. O material estrutural composto pela associação de concreto simples com uma armadura passiva, ambos resistindo solidariamente aos esforços submetidos (CLÍMACO, 2005).

Na figura 10 ilustra o primeiro arranha-céu, em concreto armado, construído nos Estados Unidos que recebeu o nome de Ingalls Building, com 16 andares.



Figura 10 – Ingalls Building. (Fonte: Kaefer (1998, p. 34))

No Brasil, o concreto armado atingiu um grau de desenvolvimento excepcional. Graças ao engenheiro Emílio H. Baumgart, o Brasil pôde exibir, na primeira metade do século XX, dois recordes mundiais: o edifício do jornal A Noite, no Rio de Janeiro, com 24 andares, onde foi o primeiro a ser calculada as ações dos ventos e uma ponte em quadro, sobre o rio do Peixe, em Erval Santa Catarina, de 68m de extensão, batizada com o nome de Baumgart.

O edifício A Noite, na figura 11, foi considerado o mais alto do mundo em estrutura de concreto armado e o único do país que recebeu cálculo da influência dos ventos (CLIMACO, 2008).



Figura 11 – Edifício A Noite no Rio de Janeiro (Fonte: Imovelpip, 2012)

Logo a Ponte de Baumgart, ilustrada na figura 12, era considerada a primeira ponte em concreto armado que foi lançada das duas margens, em balanço progressivo.

No Brasil, assim como a maioria dos países europeus, utilizam-se as estruturas em concreto armado convencionais para suas edificações. As estruturas são projetadas para satisfazer a segurança e as exigências de estabilidade a que seriam solicitadas. Pode-se destacar também que o avanço tecnológico do concreto e os métodos de cálculo possibilitaram a execução de estruturas cada vez mais esbeltas e com dimensões reduzidas (FONSECA, 2007).



Figura 12 – Ponte Baumgart em Santa Catarina. (Fonte: Eder Luiz, 2012)

2.3.1 Apresentações do sistema construtivo

Concreto é um material de construção resultante da mistura de um aglomerante cimento, com agregado miúdo, agregado graúdo e água em proporções exatas. A função dos agregados é dar ao conjunto resistência aos esforços e ao desgaste, além de redução no custo e redução na construção, à propriedade acentuada do concreto é sua alta resistência aos esforços de compressão ligada a uma baixa resistência a tração.

Pelo fato do concreto simples ter baixa resistência a tração, utilizasse barras de aço, com perfeita aderência entre os dois materiais, de tal maneira que resistam ambos solidariamente aos esforços a que forem submetidos. Outra característica do concreto é que ele é um material plástico, moldável, no qual pode ser empregado de diversas maneiras (SOUZA JUNIOR, [200-]).

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2007) e Graziano (2005), estão apresentadas os elementos básicos das estruturas de concreto armado.

Pilares – São elementos estruturais de maior importância nas estruturas, seus principais esforços nominais sofridos são os de compressão, são elementos de eixo reto, armados na vertical e tem a responsabilidade de apoiar às vigas e lajes transmitindo as cargas atuantes até as fundações.

Vigas – São elementos lineares essencialmente preparados na horizontal, tem a função de vencer vãos e transmitir as ações nelas atuantes para os pilares em geral, seu esforço predominante é o de flexão.

Lajes – Existem alguns tipos mais comuns de lajes: maciça apoiada nas bordas, nervurada, lisa e cogumelo. São sujeitas principalmente a ações normais a seu plano, as lajes podem ser apoiadas nas paredes ou nas vigas, em outras circunstâncias, ela pode ser apoiada sobre pilares.

Como as estruturas de alvenaria estrutural possuem seus processos de execução as estruturas de concreto armado convencional também possuem os seus. A figura 13 representa o sistema construtivo e seus elementos básicos.

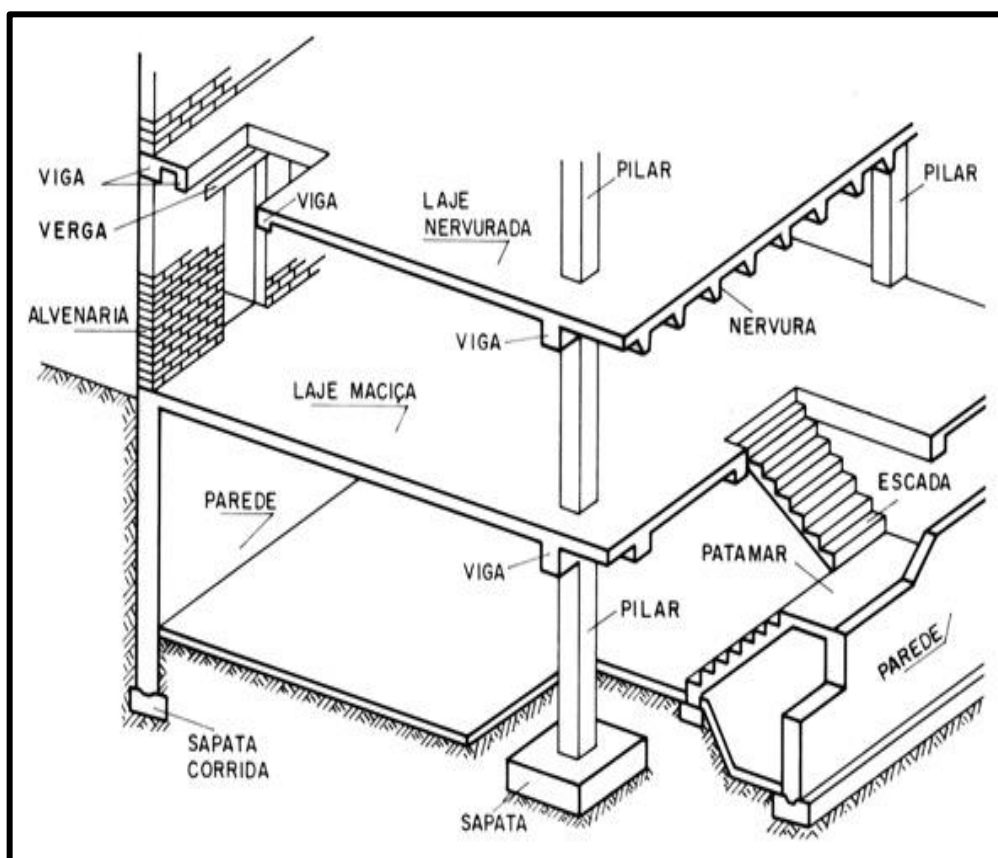


Figura 13 – Elementos básicos da estrutura de concreto armado. (Fonte: Mac Gregor ,1988)

Além do sistema convencional moldado *in loco*, existem alternativas de execução da estrutura em concreto armado, uma delas seriam as peças de concreto armado pré-moldado, utilizando uma protensão e também as lajes nervuradas.

A figura 14 mostra os procedimentos necessários para a execução das construções em concreto armado convencional.

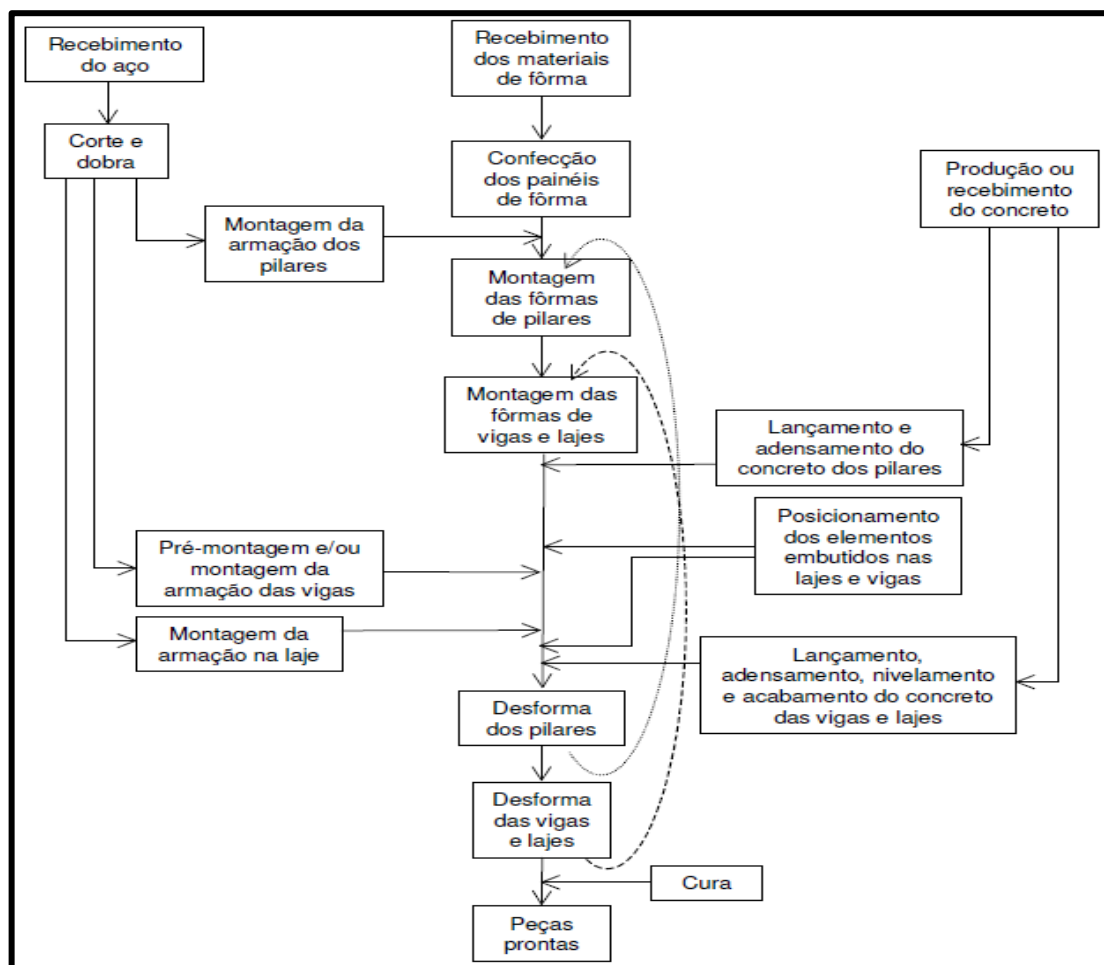


Figura 14 – Diagrama de produção de concreto armado convencional. (Fonte: Araújo; Freire (2004, p.5))

Através do diagrama representado na figura 14, notasse que existem várias etapas no sistema construtivo de concreto armado, em que algumas, inclusive, devem ser feitas no mesmo tempo, exigindo assim mais de uma equipe de operários, como na execução das armaduras e das fôrmas, ambas sendo executadas em paralelo.



Figura 15 – Modelo da estrutura de concreto armado convencional. (Fonte: <http://www.construpages.com>)

De acordo com M. Silva (2003), a aproximação das atividades dos profissionais de projeto, com os de execução, desenvolve uma melhoria geral da obra, dessa maneira colabora para esta evolução tecnológica. Para o autor, o concreto armado ainda é o sistema mais utilizado para construção de prédios residenciais no Brasil.

2.3.2 Principais constituintes do concreto armado

A maioria dos defeitos nas obras de concreto armado está relacionada à qualidade dos materiais utilizados, no uso inadequado ou ao ambiente que será exposto, para um bom desempenho do sistema construtivo é necessário avaliar estes requisitos antes de iniciar a execução da obra. O aparecimento das patologias

do concreto armado pode ter relação com a patologia dos seus componentes, ou com o mau emprego dos mesmos. É importante, levar em consideração todos os defeitos produzidos no concreto, para que não reflita em suas resistências mecânicas, em sua estabilidade dimensional e, especialmente, em sua durabilidade (VILASBOAS, 2004).

O concreto é um material constituído por cimento, água, agregado miúdo, agregado graúdo e ar. Podendo conter adicionam-te como cinza volante, pozolanas, sílica, entre outras e aditivos químicos como diversas finalidades (BASTOS, 2006).

A abordagem dos componentes adotados neste trabalho, será superficial, com o objetivo de destacar os principais conceitos básicos do concreto, na sequência apresenta-se uma descrição simplificada dos elementos constituintes do concreto armado.

2.3.2.1 Cimento

O Cimento Portland é um pó muito fino com propriedades aglomerantes, ligantes e aglutinantes que ao misturar com a água formam um material sólido enrijecido. É o principal elemento do concreto e responsável pela transformação da mistura de materiais que compõem o concreto no produto final, ele é obtido na moagem do clínquer, que tem como matéria-prima básica o calcário e a argila, sendo empregado no processo de fabricação do cimento (BASTOS, 2006).

A fabricação do cimento é um processo seguido de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Sua composição pode variar, contendo, no mercado, diversos tipos de cimento.

De acordo com Bastos (2006), o processo da principal composição do cimento é dado por:

“O cimento é composto de clínquer e de adições, sendo o clínquer o principal componente, presente em todos os tipos de cimento. O clínquer tem como matérias-primas básicas o calcário e a argila. A propriedade básica do clínquer é que ele é um ligante hidráulico, que endurece em contato com a água. Para a fabricação do clínquer, a rocha calcária

inicialmente britada e moída é misturada com a argila moída. A mistura é submetida a um calor intenso de até 1450°C e então bruscamente resfriada, formando pelotas (o clínquer). Após processo de moagem, o clínquer transforma-se em pó. As adições são matérias-primas misturadas ao clínquer no processo de moagem, e são elas que definem as propriedades dos diferentes tipos de cimento.” (BASTOS, 2006)

Os tipos de cimento mais comuns no Brasil diferem através de sua composição, onde encontrasse o Cimento Portland comum, o de alto-forno, o pozolâmico e o de alta resistência inicial. Os mais utilizados nas construções são os CII E-32, os CII F-32 e CIII 40.

O armazenamento do cimento deve ser adequado, garantindo assim a conservação de sua boa qualidade e evitar possíveis alterações em suas propriedades que possam ocasionar problemas (VILASBOAS, 2004).

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2007) o cimento deve ser armazenado sobre estrados de madeira, com pilhas de no máximo 10 sacos, mantendo-as afastadas de paredes e pisos. Não deve ter umidade excessiva no lugar estocado e deve ser protegido das intempéries.



Figura 16 – Representação do Cimento Portland. (Fonte: Bastos, 2006)

2.3.2.2 Agregados

Os agregados possuem cerca de 70 % da composição do concreto e é considerado o material mais barato, são classificados quanto à origem em naturais e artificiais. Os de origem natural são aqueles encontrados na natureza, como areia de rios e pedregulhos, já os de origem artificial são os que passaram por algum processo para obter as características finais, como as pedras britadas originadas da trituração mecânica das rochas. Quanto as dimensões dos agregados, são classificados em miúdo como as areias e graúdo como as pedras ou britas, onde, o agregado é considerado miúdo, quando tem o diâmetro máximo, igual ou inferior a 4,8 mm, e o graúdo deve ter diâmetro máximo superior a 4,8 mm (BASTOS, 2006).

As características dos agregados são de extrema importância para a tecnologia e um bom desempenho do concreto, elas derivam-se da composição mineralógica da rocha matriz, entre essas características incluem a porosidade, composição granulométrica, absorção de água, forma, textura, resistência e módulo de elasticidade. Para a dosagem do concreto é necessário obter a massa específica, composição granulométrica e teor de umidade com esses dados determinam as propriedades dos concretos no estado fresco. Existem partículas consideradas não sãs, que interferem na resistência e na aderência à pasta de cimento, neste caso, a ocorrência de materiais moles como torrões de argila, matéria orgânica, madeira e carvão diminuem a eficiência do material e são consideradas substâncias prejudiciais (VILASBOAS, 2004). Na figura 17, mostra a diferença entre um agregado natural e artificial.



Figura 17 – Agregado de areia natural e seixo rolado. (Fonte: Bastos, 2006)

a) areia natural;

b) seixo rolado.

2.3.2.3 Água

As águas devem ser analisadas quando não se conheçam os antecedentes de sua utilização e no caso de haver dúvidas quanto ao seu desempenho. O emprego no amassamento do concreto deve ser utilizado águas limpas, de boa qualidade e potáveis, que é o indicado pela boa prática para que não ocorram problemas a curto e longo prazo. A presença de substâncias acima do recomendado e impurezas, podem acarretar em patologias no concreto armado, como corrosões das armaduras, manchas, eflorescência superficiais, interferência na pega do concreto e na resistência. O uso de águas inadequadas na operação de cura dos concretos acarreta maiores problemas do que no amassamento, em virtude de sua maior ou menor renovação constante (VILASBOAS, 2004).

Para ocorrer às reações químicas do cimento e as chamadas reações de hidratação a água entra como principal agente na mistura, possibilitando esses acontecimentos, que irão garantir as propriedades de resistência e durabilidade do concreto. Tem também a função de melhorar o manuseio ou trabalhabilidade, lubrificando as demais partículas da mistura (BASTOS, 2006).

2.3.2.4 Armadura

A armadura é composta de barras de aço, também chamadas de vergalhões e ferro de construção. A utilização do aço em um elemento estrutural que tem a finalidade integrar-se ao concreto e resistir esforços de tração. Por isso, são colocados nas partes da peça de concreto que vão sofrer esses esforços. Por exemplo, numa viga em balanço a parte de cima sofre tração e a de baixo sofre compressão, nesse caso os vergalhões devem ficar na parte de cima da viga (LISBOA, 2008).

As Normas Técnicas Brasileiras classificam os aços para concreto de acordo com a sua resistência e padronizam as bitolas. Permanecem três categorias no mercado: aço CA 25, aço CA 50 e aço CA 60. Os números 25, 50 e 60 referem-se à resistência do aço: quanto maior o número, mais resistente será (GERDAU, 2012).

De acordo com a NBR 7480 (ABNT, 2007), a tabela 1 representa as dimensões dos vergalhões de aço, seu peso em quilogramas por metro e sua área transversal, que são parâmetros estabelecidos para sua produção.

Tabela 1 – Armaduras para concreto armado com suas bitolas, áreas transversais de aço e massa linear. (Fonte: Adaptado de NBR 7480 (2007) e Gerdau)

Bitola(pol)	Bitola (mm)	Peso da barra (kg)	Peso (Kg/m)	Área trans. (cm²)
--	5	1,848	0,109	0,196
1/4"	6,3	2,94	0,245	0,312
5/16"	8	4,74	0,395	0,502
3/8"	10	7,404	0,617	0,785
1/2"	12,5	11,556	0,963	1,227
5/8"	16	18,936	1,578	2,010
3/4"	20	29,592	2,466	3,140
1"	25	46,236	3,853	4,906
1.1/4"	32	75,756	6,313	8,038
1.9/16"	40	118,38	9,865	12,560

A maioria dos defeitos que aparecem em obra, se resume em uma deficiente execução nas amarrações das peças e nas falhas devido ao próprio concreto, como principais defeitos nos elementos estruturais, atribuíveis à amarração, encontram-se alguns citados a seguir:

- Defeitos nas plantas de armação.
- Falta de verificação da possibilidade real para colocar as barras nas posições previstas.
- Erros originados pelo deslocamento das armaduras durante a concretagem.
- Concentração de armaduras em nós ou outros pontos singulares, impedindo a concretagem adequada.
- Falhas ocasionadas pela falta de seção de aço e/ou deficiências de comprimento de ancoragem para transmitir os esforços.
- Erros nos resultados fornecidos pelos computadores.

Os defeitos devidos a erros de execução podem acarretar na fissuração dos elementos estruturais, na corrosão da armadura e destruição do concreto. Na maior parte dos casos, exercem um efeito indesejável sobre as condições resistentes dos elementos estruturais (VILASBOAS, 2004).

2.3.3 Elementos estruturais do concreto armado

De acordo com a NBR 6118 (2007) as considerações para os itens da estrutura de concreto armado estão citados abaixo:

Concreto estrutural: termo que se refere ao aspecto completo das aplicações do concreto como material estrutural.

Elementos de concreto armado: são aqueles o comportamento de sua estrutura depende da aderência entre concreto e armadura não existindo a aplicação de alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência.

Elementos estruturais: as estruturas podem ser idealizadas como a composição de elementos estruturais básicos, classificados e definidos de acordo com a sua forma geométrica e a sua função estrutural.

Elementos lineares: são aqueles em que o comprimento longitudinal supera em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal, sendo também denominado de barras. De acordo com a sua função estrutural, recebem o nome de vigas, pilares, tirantes e arcos.

2.3.4 Pontos positivos e pontos negativos do concreto armado

Os pontos positivos e negativos do sistema de concreto armado convencional estão relacionados nos próximos subitens, de acordo com Clímaco (2008), Fernandes e Silva Filho (2010).

2.3.4.1 Pontos positivo

Nos pontos positivos são representadas as vantagens na utilização do concreto armado em relação ao sistema de alvenaria estrutural. Podendo citar como principais os referentes subitens:

Materiais - Por ser um sistema convencional há economia nas construções pela possibilidade de obtenção de materiais nas proximidades da obra.

Mão-de-obra - As técnicas de execução possui um maior domínio em todo o país, dessa maneira proporciona uma grande disponibilidade no mercado.

Rapidez na construção - Através do uso de peças pré-moldadas, estruturais ou não, e de tecnologias avançadas para a execução de formas e escoramentos, o processo construtivo ganha agilidade na execução.

Resistência - Com a idade a resistência do concreto aumenta, representando uma elevada resistência aos choques, vibrações, altas temperaturas e diversas maneiras de solicitações na estrutura.

Arquitetura - Pelo fato desse sistema obter uma boa trabalhabilidade, faz com tenha várias formas, podendo, assim, adaptarem-se a diversas modelos estruturais, possibilitando uma arquitetura mais arrojada com a execução de vãos, arcos, balanços, marquises entre outras. Há maior facilidade na personalização dos projetos arquitetônicos, pois não é necessária a modulação em função dos blocos estruturais.

2.3.4.2 Pontos negativos

Com referência aos pontos negativos, pode ser citado diferentes tipos de patologias e problemas ocorrido em obra, para estudo, foi representado os pontos mais críticos e de maior ênfase econômica, que são:

Fissuração inerente à baixa resistência a tração - A tendência a fissuração se inicia na moldagem das peças, pela retração do concreto, característica intrínseca à sua composição, e persiste durante toda vida útil da estrutura, pelas condições ambientais e de utilização, movimentação térmica, etc.

Formas de madeira e escoramentos - Como as normas técnicas exigem um determinado prazo mínimo para a retirada do escoramento e das formas dos componentes estruturais, o tempo e a quantidade de material utilizado, faz com que esse sistema tenha desvantagens em relação a alvenaria estrutural, aumentando seu custo final consideravelmente.

Concreto – Como o concreto é um material inerte ao ambiente, quando exposto sofre uma agressividade dos agentes externos, fazendo com que ocorram corrosão e oxidação na armadura, por isso deve ser considerada uma determinada espessura de cobrimento em concreto, protegendo a armadura e evitando possíveis patologias.

Armadura – Quando dimensionado uma estrutura em concreto armado, é primeiramente considerado o peso próprio dos seus componentes estruturais, quando a existência de armaduras é trabalhada em grande quantidade acarreta um peso próprio muito grande, limitando seu uso, em determinadas situações, ou elevando bastante seu custo.

Concreto Armado – Para execução das estruturas de concreto armado é exigido uma mão-de-obra muito especializada onde abrange vários profissionais de áreas diferentes como: pedreiro, carpinteiro, eletricista, encanador, armador, apontador, além de serventes. O peso próprio é de 2.500 kgf/m^3 , podendo ser menor quando substituída a brita comum, por agregados leves, chegando em torno de 1.600 kgf/m^3 , podendo assim obter estruturas mais leves mas apresentando desvantagens no custo e também na durabilidade do material pelo fato de sua

porosidade. Pelas irregularidades apresentadas no encontro entre paredes e estruturas a espessura de revestimento é muito grande, isso faz com que o empreendimento encareça, pois o consumo de reboco utilizado para a regularização é alta.

2.4 Sinapi

O sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil (SINAPI) foi fundado em 1969, através do extinto Banco Nacional de Habitação (BNH), com o objetivo de suprir sua demanda de informações sobre os custos da construção civil referentes aos projetos habitacionais. A produção das séries mensais de preços dos insumos e salários da construção civil, que possibilita ter os custos de serviços para obras de engenharia ficou por conta do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Com a extinção do BNH, coube a Caixa Econômica Federal (CAIXA) a administração do SINAPI. (MENDONÇA, 2012).

Segundo Silva Filho, O., Lima e Maciel (2010, p. 2), o sistema adotado no contexto da SINAPI possui a seguinte forma:

“Esses sistemas apresentam as composições unitárias de custo para os principais serviços que compõem as obras. As composições unitárias definem o consumo de material, a produtividade da mão-de-obra e a demanda de equipamentos para a realização de uma unidade do serviço. Conhecendo-se as quantidades necessárias de cada serviço e os custos dos insumos, divulgados para o mês de referência e local escolhidos, é possível calcular o custo total da obra. O preço é obtido mediante acréscimo do BDI – Benefícios e Despesas Indiretas – ao custo direto total”. (SILVA FILHO, O.; LIMA; MACIEL, 2010, p. 2).

O SINAPI foi o sistema oficial escolhido por causa da sua variedade de insumos que abrange os mais diversos tipos de obras e foi adotado pela CAIXA, a partir de 1986, como ferramenta corporativa para acompanhamento do mercado da construção civil e subsídio técnico para as análises de empreendimentos habitacionais propostos para financiamento (PINHEIRO JUNIOR, NEVES;2002).

Para fazer um orçamento adequado é necessário ter a quantificação dos materiais, da mão de obra, dos equipamentos utilizados para sua execução, e os custos dos determinados itens. As obras e os serviços somente poderão ser licitados quando existir orçamento detalhado em planilhas que expressem a composição de todos os seus custos unitários. (CARBONERO, 2010).

3 ESTUDO DE CASO

Através da instalação da universidade no município de Alegrete-RS, é notável o desenvolvimento e o aumento do número de obras. Pelo meio desse crescimento tornasse interessante a avaliação de quais sistemas construtivos é mais adequado economicamente para um edifício de oito andares. Nesse caso, será elaborada a comparação do sistema construtivo de alvenaria estrutural com o sistema construtivo de concreto armado convencional.

Autores renomeados como Arcary (2010), Lisboa (2008) e Oliveira (2009), desenvolveram estudos que especificam resultados satisfatórios, provando assim, que é possível avaliar cada sistema construtivo e obter resultados relevantes para um determinado investimento. Baseado nisso, este trabalho pode servir como referência na hora de optar por construir obras em alvenaria estrutural ou em concreto armado convencional.

O presente caso trata-se de um edifício de oito andares executado em alvenaria estrutural o qual seu custo de material e mão-de-obra serão comparados a um prédio equivalente, porém, executado em concreto armado, com base em um jogo completo de projetos existente em alvenaria estrutural foi utilizado o software Eberick, para o detalhamento estrutural do edifício em concreto armado.

O cálculo de estruturas em concreto armado abrange as etapas de lançamento e análise da estrutura, dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais através de um pórtico espacial NBR 6118 (ABNT, 2003). O AltoQiEberick é um sistema computacional que envolve essas etapas de cálculo e a sua utilização

vêm se tornando expressiva diante de um mercado cada vez mais concorrente (MODLER, 2003).

Conforme as especificações das tabelas do SINAPI serão comparados os custos de materiais e mão de obra para a execução do edifício, acompanhando os preços na área de construção civil referente a cada Estado do Brasil. O Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), não será considerada no preço final das composições.

O projeto referência para o estudo foi executado e analisado no sistema construtivo de Alvenaria estrutural, sendo a mesma composta por 9 pavimentos com 4 apartamentos por andar, a avaliação será baseada nos projetos básicos e complementares, dessa forma, deixaram de serem levados em consideração todos os itens que seriam comuns as duas estruturas como os projetos de fundação, elétrico e hidrossanitário, devido a pouca influência no custo final da obra.

Para formação de planilhas de quantitativos e mão de obra do edifício em alvenaria estrutural, os projetos básicos serão a citação que constituirá o orçamento referente a esse sistema construtivo, fazendo-se uso das planilhas de composições e insumos do SINAPI – RS.

A adequação do projeto para concreto armado convencional é realizado pelo software Eberick, por meio disso, o cálculo do projeto estrutural predial, será detalhado, adaptado e convertidos para fins de comparação com o sistema construtivo de alvenaria estrutural.

A partir do projeto adaptado ao sistema construtivo em concreto armado convencional, será executada a construção de planilhas de quantitativos e mão de obra, referentes aos índices recomendados pelo SINAPI – RS, assim formando planilhas orçamentarias com seus específicos valores.

Através das planilhas quantitativas dos sistemas construtivos de alvenaria estrutural e concreto armado convencional, será realizado as comparações entre os dois sistemas estudados em relação aos custos de todos os insumos detalhados pelos projetos em obra.

4 APRESENTAÇÃO DO COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE ALVENARIA ESTRUTURAL E CONCRETO ARMADO

Neste capítulo é descrito os quantitativos e os custos das composições que juntamente com a mão de obra correspondente, compõem as planilhas orçamentarias do sistema construtivo de alvenaria estrutural e do sistema construtivo de concreto armado convencional, tornando possível a comparação de custos do referente estudo realizado.

4.1 Apresentação do edifício-padrão

O empreendimento realizado faz parte de um condomínio residencial no município de Alegrete-RS, possui 4.274,7 m² de área construída. Tendo o edifício, elevador, sete pavimentos tipo e uma garagem que se apoia diretamente sobre fundações e os demais sobre lajes de concreto armado, que, por sua vez, se apoiam sobre paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos. Todos os pavimentos tipo são compostos de oito apartamentos onde quatro deles são compostos de dormitório, suíte, sala, cozinha, área de serviço, banheiro e sacada os outros quatro são formados por dormitório, sala de estar com cozinha integrada, área de serviço e banheiro. O edifício possui ainda um pavimento de cobertura onde foi instalada a caixa d'água da edificação.

Na figura 18, está representada a planta baixa do pavimento tipo e na figura 19 a fachada do edifício em um modelo tridimensional.

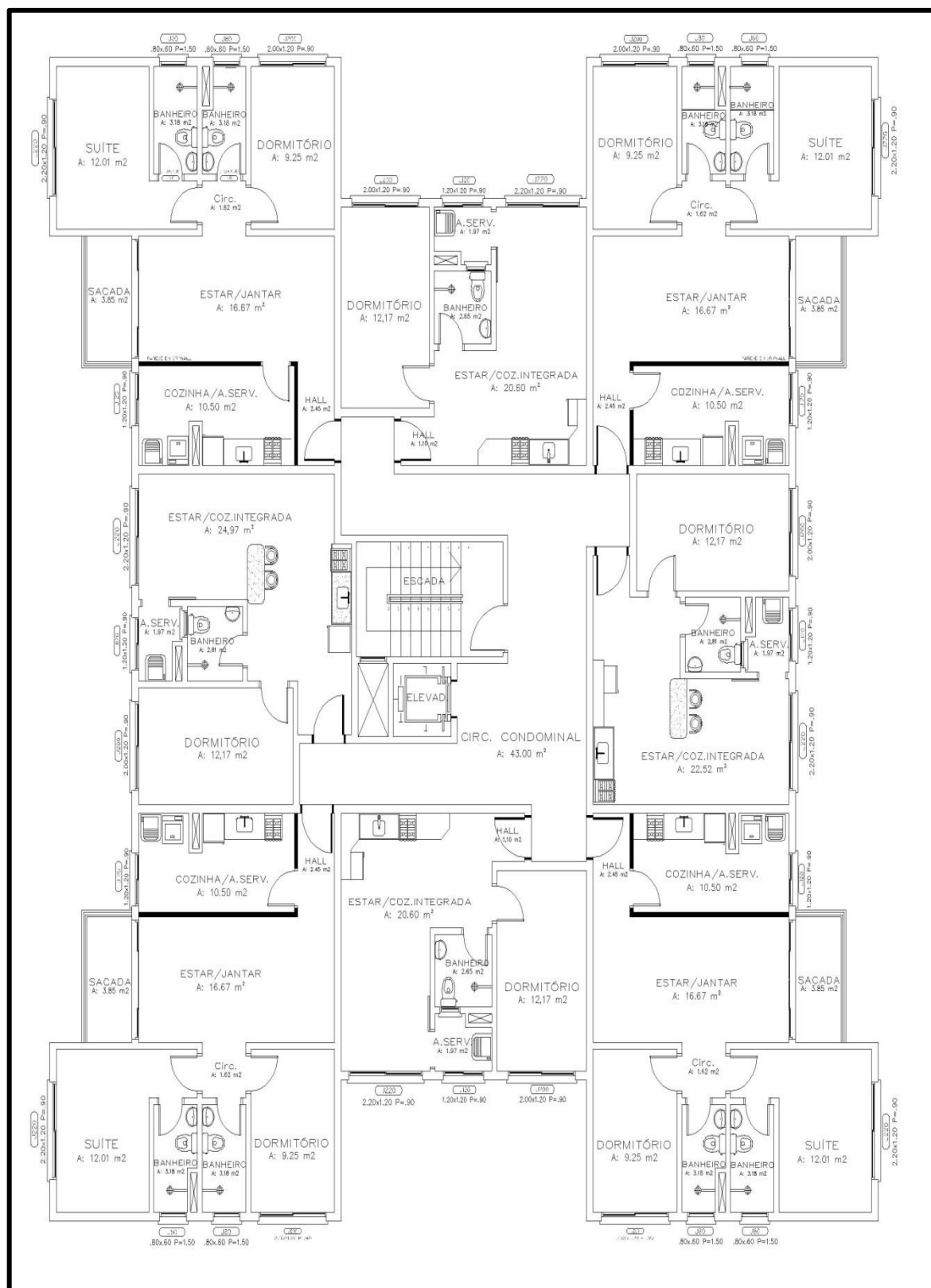


Figura 18 – Planta baixa do pavimento tipo. (Fonte: Construtora¹, 2012).

1 Sem identificação para garantir o anonimato da empresa



Figura 19 – Fachada do edifício. (Fonte: construtora, 2012)

4.2 Levantamento de custos entre os dois sistemas estruturais

Como existem itens em comum entre os dois sistemas estruturais, os mesmos deixaram de ser levados em consideração, pois representariam mesmo custo e não oscilariam no orçamento final da obra, fazem parte dessa exclusão: fundação,

movimentação de terras e baldrame, lajes, reboco, revestimentos em geral, forros, instalações elétricas, hidráulicas, esquadrias e coberturas. Em relação ao sistema de alvenaria estrutural, foram analisados os custos da alvenaria com bloco cerâmico estrutural e de vedação, o aço, grout e mão-de-obra.

Este sistema obteve ferragens longitudinais nas vergas, contra-vergas e cinta de amarração das paredes internas e externas. Lembrando que o primeiro pavimento foi executado em concreto armado, sendo assim, suas composições foram incluídas no orçamento do edifício em alvenaria estrutural. Para a instabilidade do edifício também foram consideradas ferragens verticais e os pontos de grauteamento, amarrando a estrutura com um todo.

Para o sistema de concreto armado convencional, constituíram no quantitativo e orçamento da obra os pilares, vigas, fôrmas, alvenaria de vedação em tijolos cerâmicos e a mão-de-obra.

A seguir estão apresentados os quantitativos e os custos para a execução de cada sistema construtivo.

4.2.1 Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural

A obra utilizada para a realização do estudo foi executada pelo sistema construtivo de alvenaria estrutural, através dos projetos específicos em especial à planta baixa, sendo considerado blocos cerâmicos estruturais maciços do segundo ao quarto pavimento e blocos cerâmicos estruturais vazados do quinto ao oitavo pavimento. Já foram considerados os quantitativos e custos dos serviços prestados na obra referentes ao pavimento tipo do empreendimento. No primeiro pavimento da edificação a estrutura foi executada no sistema construtivo de concreto armado convencional, tendo objetivo de suportar e distribuir o peso do edifício para as fundações. A Figura 20 apresenta a primeira fiada de blocos cerâmicos do projeto estrutural e a Figura 21 representa a elevação das paredes.

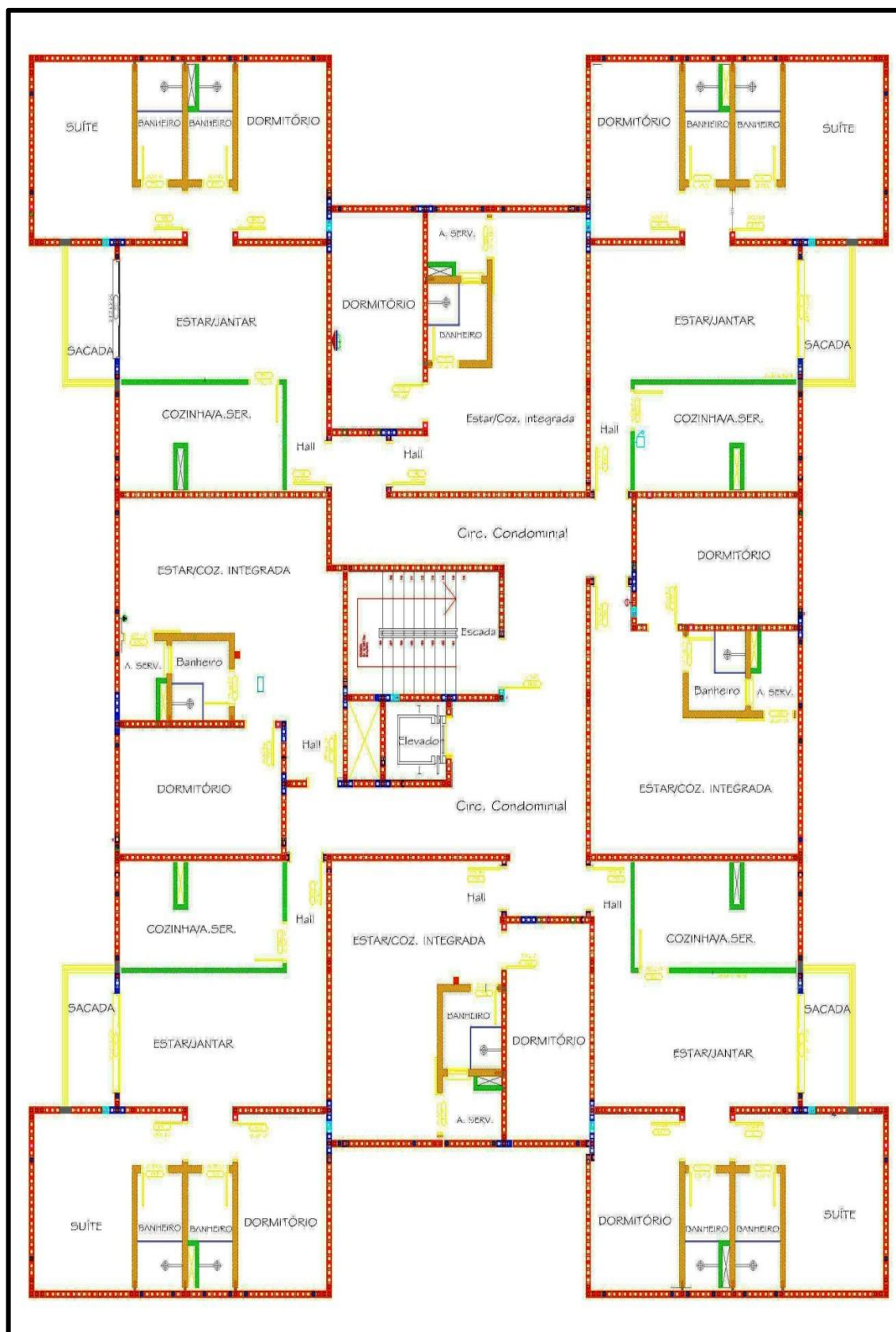


Figura 20 – Modulação da edificação. (Fonte: Construtora, 2012)

Para ser possível a realização dos custos dos quantitativos para a superestrutura de alvenaria estrutural, foi utilizado os projetos do edifício e obteve-se uma quantidade de 5.832,62 m² de parede, onde foram descontados os vãos das janelas e portas e orçados blocos cerâmicos estruturais maciços e vazados de dimensões (14x19x44) cm, (14x19x29) cm, (14x19x24) cm, (14x19x21) cm, (14x19x19) cm, (14x19x14) cm e (14x19x9) cm, para outros detalhes construtivos foi necessário a utilização de blocos canaleta “J” Alta com dimensões 14(15x19)30 cm necessário para a contra-verga das janelas, blocos canaleta “U” Alta com dimensões (14x19x30) cm empregado nas vergas de portas e janelas, para a cinta de amarração das paredes externas foi utilizado bloco canaleta “J” Médio de dimensão 14(10x19)30 cm e para paredes internas o bloco canaleta “U” Médio com dimensões (14x10x30) cm. Vale lembrar que a argamassa de assentamento dos blocos está sendo considerada no item do orçamento na metragem das paredes estruturais do sistema construtivo. Na figura 22, está representado os Blocos estruturais utilizados no empreendimento.

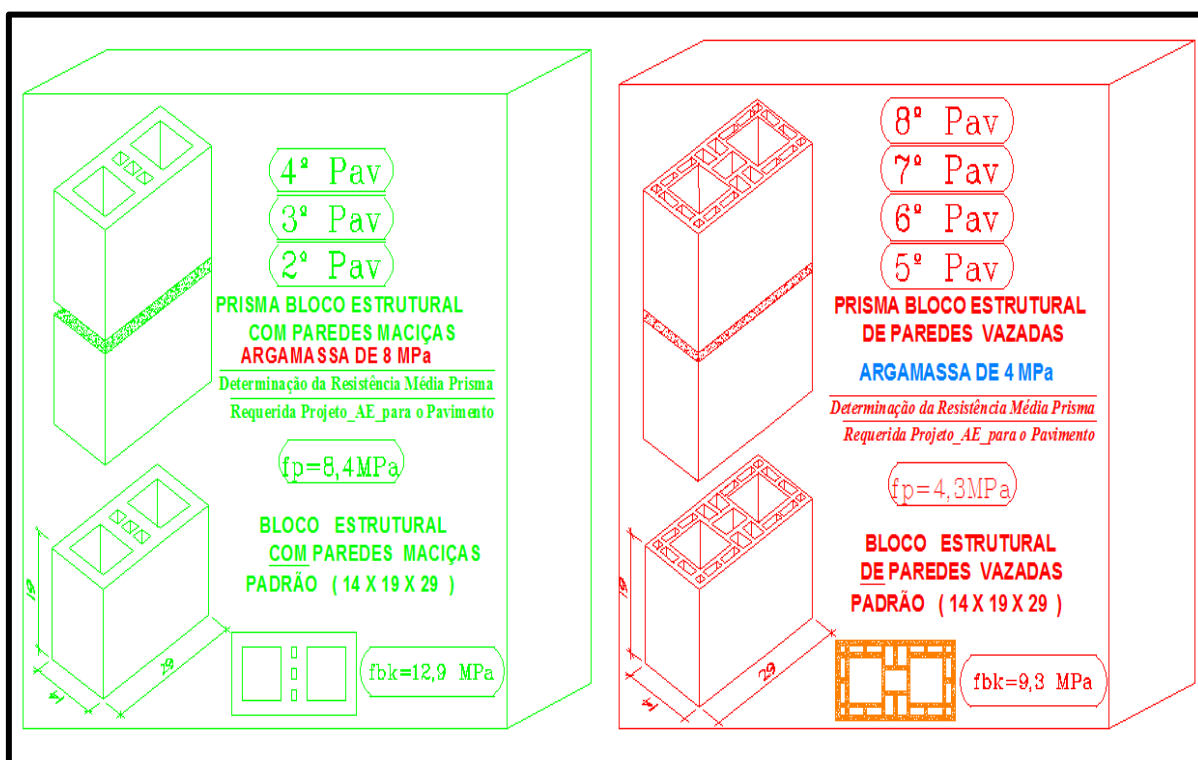


Figura 21 - Representação das resistências de projeto. Fonte: Construtora

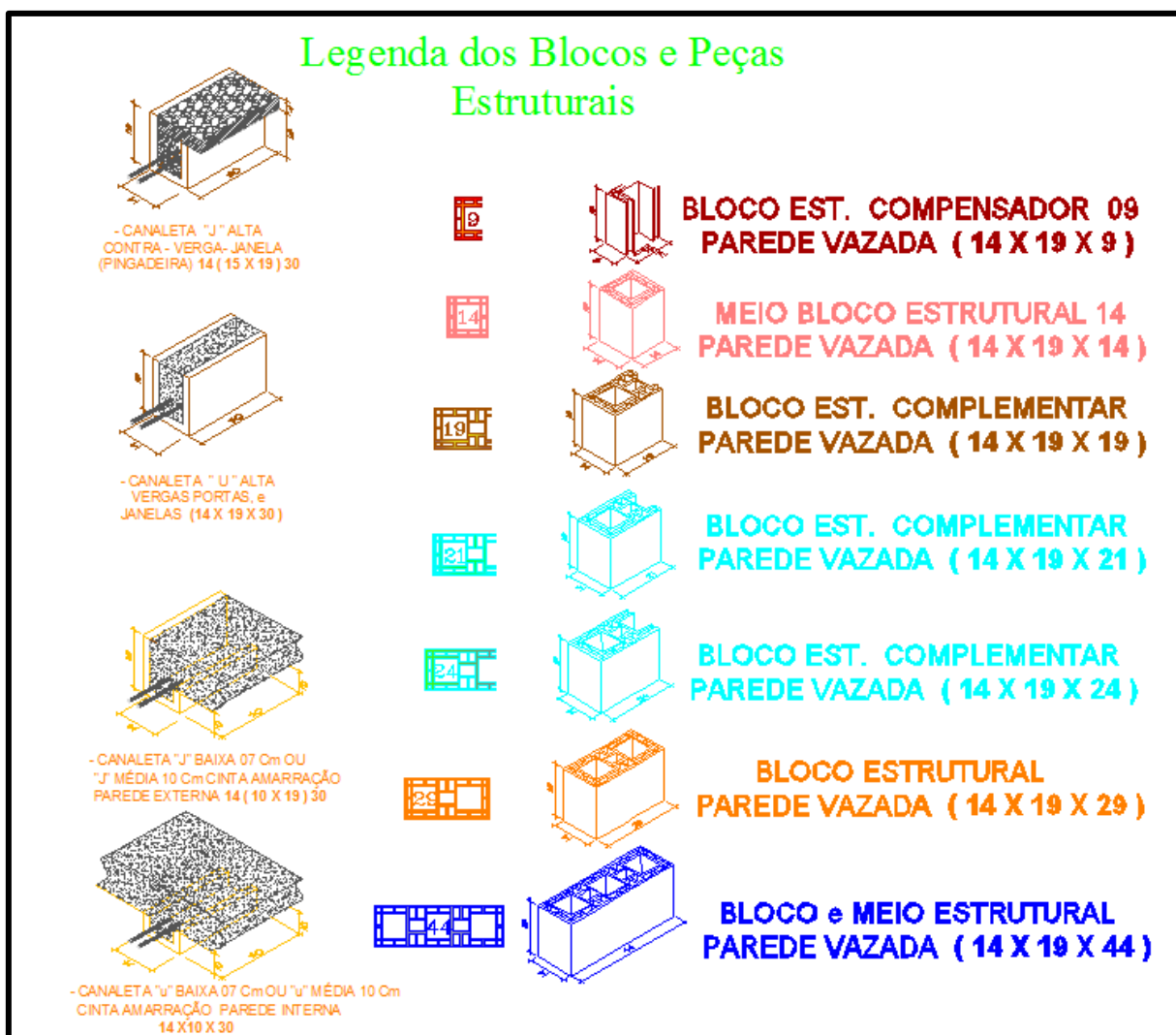


Figura 21 - Representação dos Blocos utilizados. Fonte: Construtora

Considerando o primeiro pavimento em concreto armado convencional obteve-se uma quantidade de concreto para os pilares e vigas de 61,65 m³ e para o aço 7028,17 Kg, constituindo para os pilares ferros com diâmetros de 5; 12,5 mm e para as vigas diâmetros de 5; 6,3; 12,5; 16 mm. Já para o sistema de alvenaria estrutural a quantidade de concreto para os grautementos resultou em 27,12 m³ para os pontos verticais, 22,12 m³ para a cinta de amarração na ultima fiada de blocos das paredes, nas vergas e contra-vergas de portas e janelas foi utilizado 21,71 m³, assim totalizando 70,95 m³ de grout com 10,0 Mpa de resistência. Para o aço obteve-se uma quantidade total de 3318,65 Kg, onde foi utilizado bitolas de 10mm

nos cantos das paredes que possuí os pontos de grauteamento, já para as vergas e contra-vergas foi duas barras de 8 mm e nos pontos laterais verticais das janelas aço de 8mm.

Os blocos canaletas de dimensões variadas, não constam nas tabelas da SINAPI-RS, por isso foram pesquisados valores da Cerâmica Palotti (2014), localizada no município de Santa Maria – RS, pelo fato da proximidade para fornecimento do material, obtendo assim valores mais exatos. A partir do levantamento dos quantitativos e custos obtidos nesses serviços de execução, foi possível consolidar o custo total para a superestrutura e paredes estruturais.

No Quadro 1, constam os valores e o orçamento dos blocos compensadores obtidos pela Cerâmica Palotti. (Fonte: Elaboração do autor)

BLOCOS EST. COMPENSADORES	Tipo	Quantidade de (m²)	Peço total (R\$)
Blocos cerâmicos estruturais (14x19x14)	Vazados	31,81	1010,62
	Maciços	23,86	821,65
Blocos cerâmicos estruturais (14x19x19)	Vazados	24,40	918,00
	Maciços	18,30	833,00
Blocos cerâmicos estruturais (14x19x21)	Vazados	10,37	353,08
	Maciços	7,78	320,38
Blocos cerâmicos estruturais (14x19x24)	Vazados	14,22	423,70
	Maciços	10,67	384,46
TOTAL DE BLOCOS		141,41	R\$ 5.064,89
TOTAL DA COMPOSIÇÃO (Arga. + Blocos + MO)		R\$	8.735,89

No Quadro 2, constam os valores utilizados no orçamento dos blocos canaletas obtidos pela Cerâmica Palotti. (Fonte: Elaboração do autor)

BLOCOS CANALETAS	Uni	Tipo	Quantidade	PREÇO (R\$)
Bloco Canaleta 'J' Alta, 14(15x19)30	m²	Maciço	17,54	42,09
Bloco Canaleta 'J' Média, 14(10x19)30	m²	Maciço	17,54	42,09
Bloco Canaleta 'U' Alta, (14x19x30)	m²	Maciço	17,54	42,09
Bloco Canaleta 'U' Media, (14x10x30)	m²	Maciço	33,33	46,62
TOTAL DE BLOCOS			85,95	R\$ 172,89

Quadro 3 - Custo da superestrutura do primeiro pavimento em concreto armada convencional. (Fonte: Elaboração do autor)

ORÇAMENTO PARA CONSTRUÇÃO DO SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL						
TIPO DE SERVIÇO: Construção do primeiro pavimento em concreto armado.						
SINAPI	Item	Discriminação dos Serviços	Unid	Quant.	PREÇO UNITARIO (Mat. + M.O)	TOTAL
Código	1	Superestrutura				
	1.1	Pilares				
73942/002	1.2.1	Armação de aço CA-60 diâm. 3,4 a 6,0mm.- Fornecimento / Corte (c/perda de 10%) / Dobra / Colocação	Kg	205,47	6,84	1405,41
74254/002	1.2.2	Armação aço CA-50, diâm. 6,3 (1/4) à 12,5mm(1/2) - Fornecimento/ Corte (perda de 10%) / Dobra / Colocação.	Kg	1678,62	6,96	11683,20
84215	1.2.4	Fôrmas para estruturas de concreto (pilar, viga e laje) em chapa de madeira compensada resinada, de 1,10x1,20, espessura de 12mm, 3 utilizações (Fabricação, Montagem e Desmontagem)	m²	200,00	31,14	6228,00
74138/003	1.2.5	Concreto usinado e bombeado Fck=25MPa , inclusive lançado e Adensado.	m³	18,30	385,43	7053,37
	1.3	Vigas				
73942/002	1.3.1	Armação de aço CA-60 diâm. 3,4 a 6,0mm.- Fornecimento / Corte (c/perda de 10%) / Dobra / Colocação	Kg	115,44	6,84	789,61
74254/002	1.3.2	Armação aço CA-50, diâm. 6,3 (1/4) à 12,5mm(1/2) - Fornecimento/ Corte (perda de 10%) / Dobra / Colocação.	Kg	2035,40	6,96	14166,38
74254/001	1.3.3	Armação aço CA -50 diâm.16,0 (5/8) à 25,0mm (1) - Fornecimento / Corte (perda de 10%) / Dobra / Colocação.	Kg	2993,24	5,73	17151,27
74138/003	1.2.5	Concreto usinado e bombeado Fck=25MPa , inclusive lançado e Adensado.	m³	43,35	385,43	16708,39
TOTAL GERAL =					R\$	75.185,63

Quadro 4 - Custo da superestrutura e paredes para o sistema de Alvenaria Estrutural. (Fonte: Elaboração do autor)

ORÇAMENTO PARA CONSTRUÇÃO DO SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL						
TIPO DE SERVIÇO: Construção da parte estrutural do Edifício. Área TOTAL: 4274,7 m²						
Sinapi	Item	Discriminação dos Serviços	Unid	Quant.	PREÇO UNITARIO (Mat. + M.O)	TOTAL
Código	1	Superestrutura				
	1.1	Paredes				
79335/001	1.1.1	Alvenaria em bloco cerâmico estrutural Vazados 14x19x29cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal, areia média)	m²	2213,15	49,34	109196,82
----	1.1.2	Alvenaria em bloco cerâmico estrutural Maciços 14x19x29cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal, areia média)	m²	1518,86	54,35	82550,04
----	1.1.3	Alvenaria em bloco cerâmico estrutural Vazados 14x19x44cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal, areia média)	m²	137,80	50,96	7022,29
----	1.1.4	Alvenaria em bloco cerâmico estrutural Maciços 14x19x44cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal, areia média)	m²	103,42	54,30	5615,71
----	1.1.5	Alvenaria de bloco cerâmico tipo canaleta "J" Alta (14(15x19)30)cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média)	m²	121,46	57,80	7020,39
----	1.1.6	Alvenaria em bloco cerâmico tipo canaleta "U" alta (14x19x30)cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média)	m²	169,60	57,80	9802,88
----	1.1.7	Alvenaria em bloco cerâmico tipo canaleta "J" Média (14(7x19)30)cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média)	m²	207,80	57,80	12010,84
87495	1.1.8	Alvenaria em bloco cerâmico de vedação 9x19x19cm, assentado com argamassa de assentamento preparo na betoneira	m²	944,72	52,72	49805,64
----	1.1.9	Alvenaria em bloco cerâmico tipo "U" Media (14x10x30) assentado com argamassa de assentamento preparo na betoneira	m²	274,4	63,51	17427,14
	1.2	Armadura				
74254/002	1.2.1	Armação aço CA-50, diâm. 6,3 (1/4) à 12,5mm(1/2) - Fornecimento/ Corte (perda de 10%) / Dobra / Colocação.	Kg	3318,65	6,96	23097,80
	1.3	Concreto				
74004/003	1.31	Concreto grout, preparado no local, lançado e adensado	m³	70,95	410,9	29153,36
TOTAL GERA =					R\$	352.702,91

Quadro 5 - Custo total para o sistema de Alvenaria Estrutural. (Fonte: Elaboração do autor)

ORÇAMENTO PARA CONSTRUÇÃO DO SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL		
Total do Pavimento em Concreto Armado	R\$	75.185,63
Total dos Blocos + Armaduras + Grout	R\$	352.702,91
Total dos Blocos Compensadores	R\$	8.735,89
TOTAL GERAL DA EDIFICAÇÃO	R\$	436.624,43

4.2.2 Sistema Construtivo em Concreto Armado Convencional

Para a realização da comparação dos custos da superestrutura da obra em concreto armado convencional, no que se refere a pilares, vigas e alvenaria de vedação foi utilizado o programa de calculo através do software Eberick, junto com as orientações da NBR 6118 (ABNT, 2003) com a intenção de obter dados apropriados e precisos.

Ao iniciar o dimensionamento, foram analisadas e estimadas as ações verticais de cargas, como o peso próprio da estrutura, no que diz respeito às lajes, vigas, paredes, reservatório, escada, sacadas e também como as cargas acidentais referentes à classe da edificação, com base na NBR 6120 (ABNT, 1980). Para as ações horizontais foram consideradas as carga de vento referente à região da edificação e calculada pela NBR 6123 (ABNT, 1988).

Mesmo sabendo que a NBR 6118 (ABNT, 2003) recomenda largura mínima de 19 cm para os pilares, por questões arquitetônicas, adotou-se uma largura de 15 cm, pelo fato de ficarem encaixados dentro da alvenaria de vedação, sendo que alguns possuem largura de 20 cm, pois não atenderam as ações das quais estão sendo solicitadas com a dimensão de 15 cm. Para o concreto, foi adotado um F_{ck} de 25 Mpa, assim considerando uma resistência apropriada em relação à estrutura, originando 52 elementos de pilares e 48 elementos de vigas no lançamento. Na figura 22 estão representadas as dimensões e posições dos elementos estruturais e na figura 23 o modelo estrutural em concreto armado.

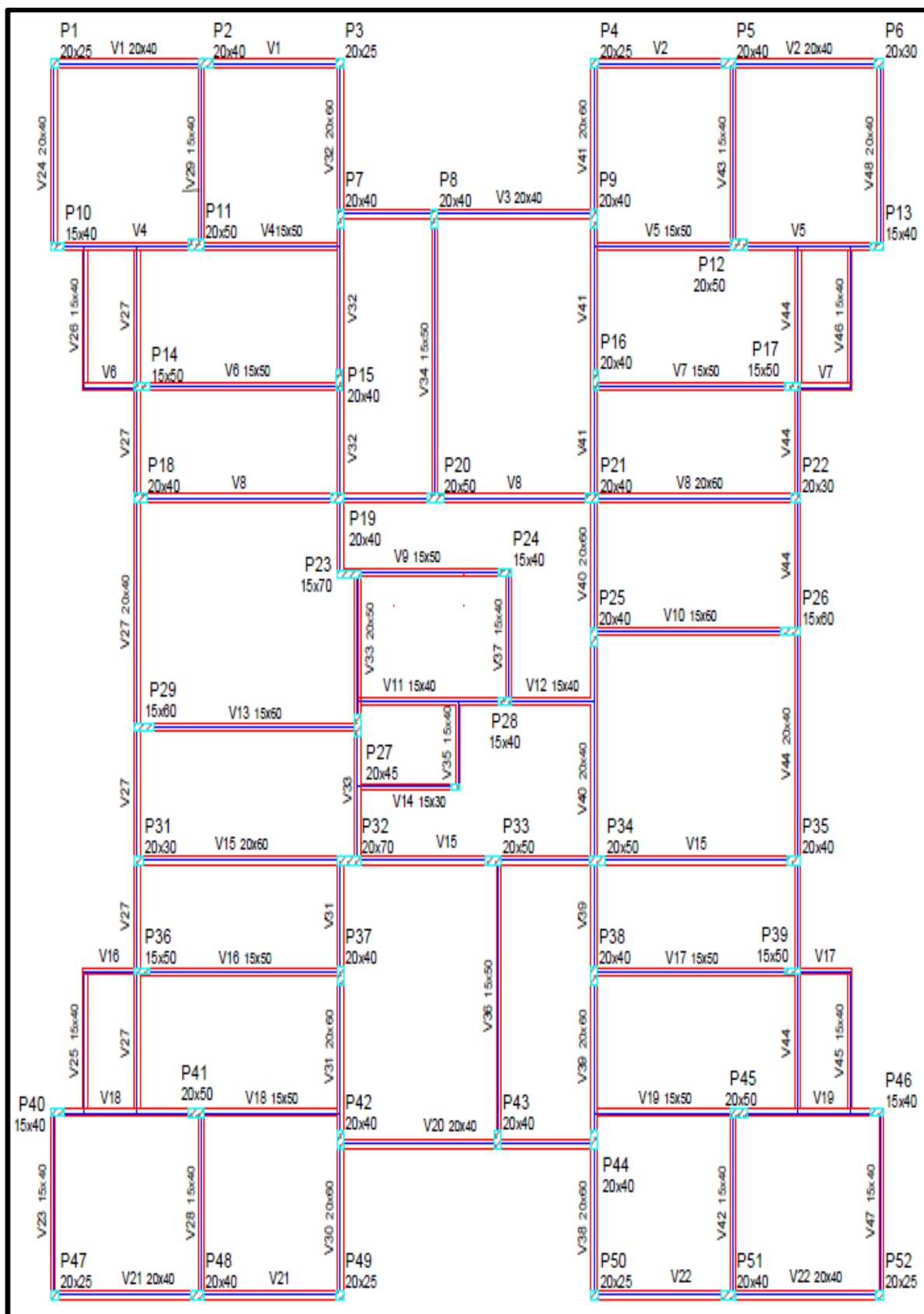


Figura 22 - Dimensionamento da estrutura em Concreto Armado, disposição das vigas e pilares.

(Fonte: Eberick (2014)).

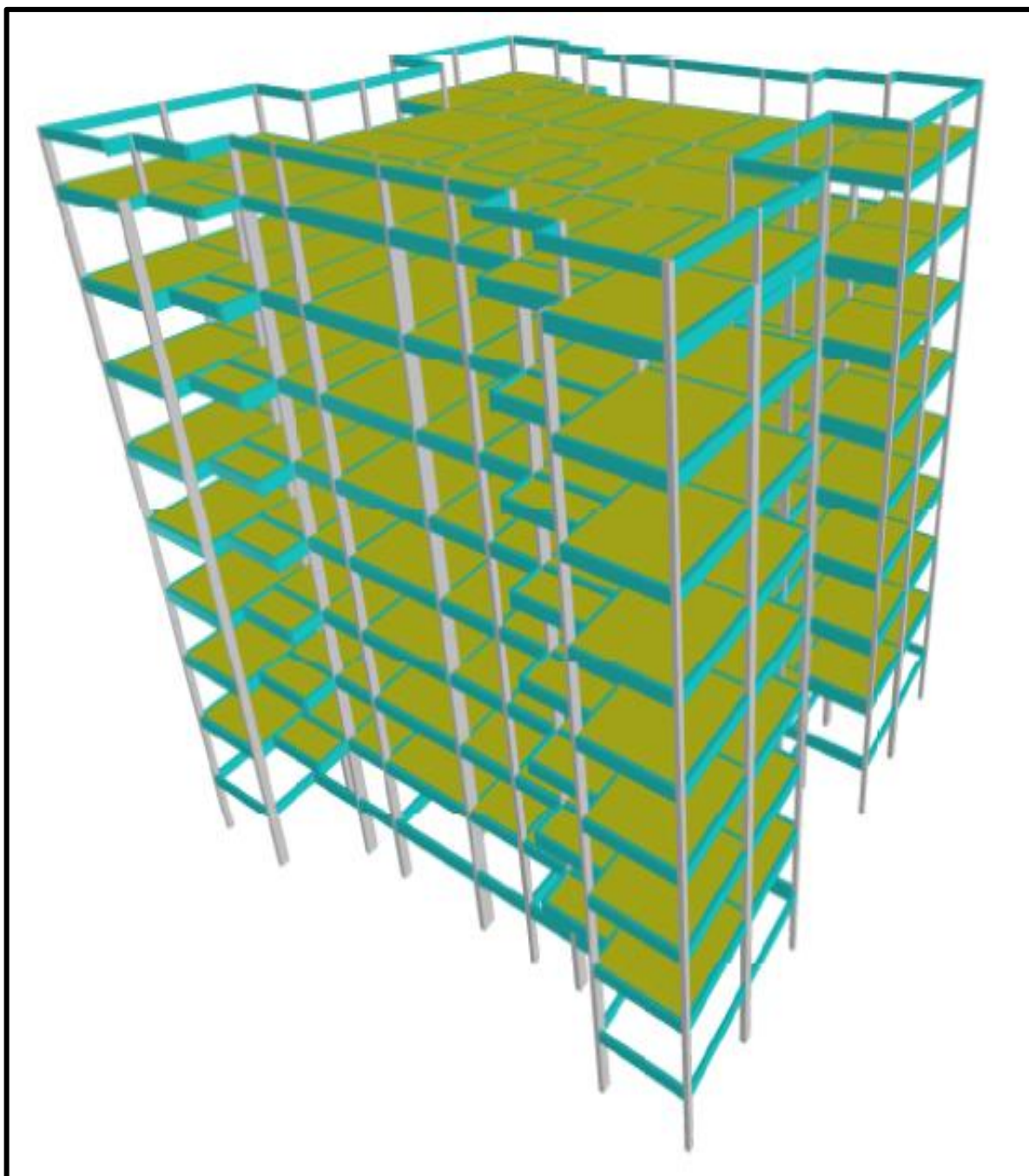


Figura 23 - Modelo da estrutura em concreto armado. (Fonte: Eberick, 2014).

Para o sistema construtivo de concreto armado, foram representados em seguida os quantitativos e custos das composições da estrutura, através do detalhamento e resultados finais do dimensionamento, foi possível obter as quantidades de concreto, categoria e peso do aço, e área de formas totais necessárias para a execução desse sistema construtivo.

Com base nisso, adquiriu-se resultados para as vigas e pilares, correspondente a 320,3 m³ de concreto e 31414,78 Kg de aço, constituindo para os pilares ferros com diâmetros de 5; 10; 12,5; 16 e 20 mm e para as vigas diâmetros de 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16 e 20 mm. Para as paredes de alvenaria resultou em 4846 m² sendo descontados os vãos das janelas e portas, e utilizando blocos de 9x14x19 cm. Decorrentes ao item da composição foram considerados três aproveitamento para as fôrmas, o volume total para cada pavimento foi multiplicado por três, sendo que o edifício possui oito pavimentos, suprimindo assim as necessidades de toda a estrutura. A consideração da mão de obra referente a cada serviço está incluso dentro de cada item da planilha orçamentaria.

Em seguida, no quadro 2, têm-se os custos e quantidades dos materiais e mão de obra para a execução do edifício em concreto armado, sendo que os mesmos foram orçados pelo SINAPI/RS para o mês de setembro de 2014.

Quadro 6 - Custo da superestrutura e paredes para o sistema de Concreto Armado-Setembro/2014

(Fonte: Elaboração do autor)

ORÇAMENTO PARA CONSTRUÇÃO DO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO						
TIPO DE SERVIÇO: Construção da parte estrutural do Edifício. Área TOTAL: 4274,7 m ²						
Sinapi	Item	Discriminação dos Serviços	Unid	Quant	PREÇO UNITARIO (Mat. + M.O)	TOTAL
Código	1	Superestrutura				
	1.1	Paredes				
73935/002	1.1.1	Alvenaria em tijolo cerâmico furado 9x14x19cm, assentado em argamassa traço 1:4 (cimento e areia média não peneirada).	m ²	4846	59,57	281060,2
	1.2	Pilares				
73942/002	1.2.1	Armação de aço CA-60 diâm. 3,4 a 6,0mm.- Fornecimento / Corte (c/perda de 10%) / Dobra / Colocação.	Kg	1889,1	6,84	12921,44
74254/002	1.2.2	Armação aço CA-50, diâm. 6,3 (1/4) à 12,5mm(1/2) - Fornecimento/ Corte (perda de 10%) / Dobra / Colocação.	Kg	7525,26	6,96	5235,81
74254/001	1.2.3	Armação aço CA -50 diâm.16,0 (5/8) à 25,0mm (1) - Fornecimento / Corte (perda de 10%) / Dobra / Colocação.	Kg	2586,87	5,73	14822,77

84215	1.2.4	Fôrmas para estruturas de concreto (pilar, viga e laje) em chapa de madeira compensada resinada, de 1,10x1,20, espessura de 12mm, 3 utilizações (Fabricação, Montagem e Desmontagem).	m²	1348,21	31,14	41983,26
74138/003	1.2.5	Concreto usinado e bombeado Fck=25MPa , inclusive lançado e Adensado.	m³	84,60	385,43	32607,38
	1.3	Vigas				
73942/002	1.3.1	Armação de aço CA-60 diâm. 3,4 a 6,0mm.- Fornecimento / Corte (c/perda de 10%) / Dobra / Colocação.	Kg	2553,37	6,84	17465,05
74254/002	1.3.2	Armação aço CA-50, diâm. 6,3 (1/4) à 12,5mm(1/2) - Fornecimento/ Corte (perda de 10%) / Dobra / Colocação.	Kg	10486,76	6,96	72987,85
74254/001	1.3.3	Armação aço CA -50 diâm.16,0 (5/8) à 25,0mm (1) - Fornecimento / Corte (perda de 10%) / Dobra / Colocação.	Kg	3231,9	5,73	18518,79
84215	1.3.4	Fôrmas para estruturas de concreto (pilar, viga e laje) em chapa de madeira compensada resinada, de 1,10x1,20, espessura de 12mm, 3 utilizações (Fabricação, Montagem e Desmontagem).	m²	3139,57	31,14	97766,21
74138/003	1.3.5	Concreto usinado e bombeado Fck=25MPa , inclusive lançado e Adensado.	m³	235,70	385,43	90845,85
TOTAL GERAL =					R\$	686214,59

Por fim, esta foi à tabela orçamentaria das discriminações dos serviços existentes para a execução da parte estrutural do sistema construtivo de concreto armado convencional.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para analisar o estudo proposto, foram obtidos através das tabelas do SINAPI – RS, referente ao mês de setembro de 2014, os custos dos materiais e mão de obra inserida em cada item do orçamento, não levando em conta o acréscimo da

porcentagem de BDI. Na comparação representada abaixo, será medido os efeitos dos custos do levantamento de quantitativos das composições de estrutura e paredes do edifício.

Através desse estudo, obtiveram-se os valores globais para a estrutura em alvenaria estrutural e para a estrutura em concreto armado convencional, representado nos Quadros 7 e 8.

Quadro 7 - Comparativo de custo entre as estruturas. (Fonte: Elaboração do autor)

COMPARAÇÃO DE CUSTOS		
Descrição dos Insumos (Material + Mão de obra)	Alvenaria Estrutural (R\$)	Concreto Armado Convencional (R\$)
Aço	68.293,67	141.951,71
Blocos cerâmicos Argamassa de assentamento	309187,64	281060,2
Formas	6.228,00	139.749,47
Concreto	23.761,76	123.453,23
Grout	29.153,36	-----
TOTAL GERAL	R\$ 436.624,43	R\$ 686.214,59
CUSTO POR (m²)	R\$ 102,15	R\$ 160,52

Quadro 8 - Comparativo de custo entre as estruturas por porcentagem. (Fonte: Elaboração do autor)

COMPARAÇÃO EM PORCENTAGEM		
Descrição dos Insumos (Material + Mão de obra)	Alvenaria Estrutural (%)	Concreto Armado Convencional (%)
Aço	15,641	20,686
Blocos cerâmicos Argamassa de assentamento	70,81	40,958
Formas	1,426	20,365
Concreto	5,442	17,99
Grout	6,676	-----

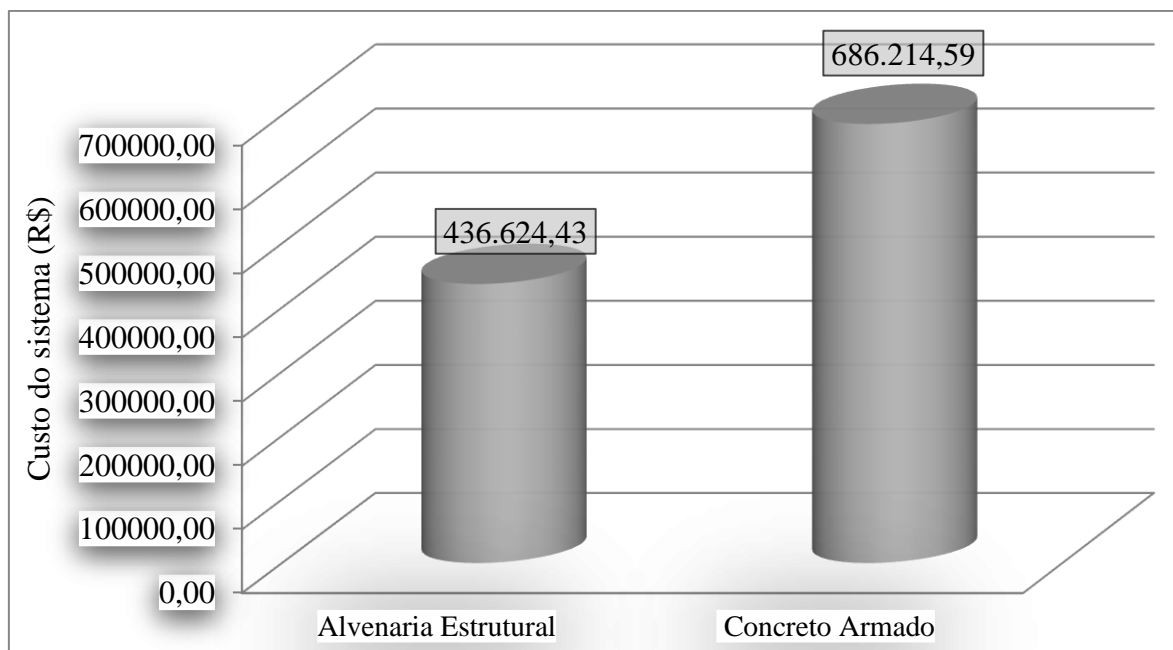
A partir do Quadro 8, podem-se observar os custos dos dois sistemas construtivos, obtendo uma comparação em porcentagem para cada composição utilizada em obra.

Analizando a execução em alvenaria estrutural, obteve-se um custo total da estrutura de R\$ 436.624,43 onde a maior porcentagem desse custo foi em blocos cerâmicos, correspondendo a 70,81% desse total, representando o principal componente estrutural. Em relação ao aço obteve-se 15,64% e para o grout um volume correspondente a 6,67%, como o primeiro pavimento foi executado em concreto armado convencional a porcentagem em concreto ficou 5,44%, mostrando pouca influência, pois teve pouca quantidade de material utilizado neste sistema.

Resultou-se para a estrutura do sistema construtivo em concreto armado um valor total de R\$ 686.214,59 correspondendo a 40,96% dos insumos em alvenaria de tijolos cerâmicos com argamassa de assentamento, o aço obteve 20,68 % e o concreto uma porcentagem de 17,99%. Nota-se que o percentual de aço representa o maior valor referente à parte estrutural do edifício.

As lajes e escadas dos dois sistemas construtivos não estão sendo consideradas no estudo de custos da edificação, pelo fato de ambas serem iguais em formato pré-moldada, envolvendo assim a mesma quantidade de matérias.

Gráfico 1: Custo global da estrutura de alvenaria estrutural e concreto armado. (fonte: autor)



O renomado autor Kageyama; Kishi; Meirelles (2009) realizou uma comparação de custos entre os dois sistemas, o qual considerou itens como fundações e projeto arquitetônico, e obteve em seu orçamento global uma vantagem de 10% a 30% do sistema de alvenaria estrutural em relação ao concreto armado convencional. Para esse estudo realizado, a diferença entre os valores é de R\$ 249.590,16 que representa uma vantagem de custo para o sistema de alvenaria estrutural de 36,37%.

Em relação às considerações entre os sistemas, os valores de insumos obtidos pela tabela SINAPI-RS, podem acarretar em uma diferença de custo. Levando em consideração que as planilhas estão limitadas em informações para a realização de orçamentos de blocos cerâmicos estruturais, onde não definem diferenças de resistências e nem especifica se os blocos são vazados ou maciços. A diferença de valores entre o serviço de assentamento de blocos estruturais e assentamento de tijolos cerâmicos é de extrema relevância, fazendo com que custe mais caro a execução do sistema em concreto armado.

Como foram adotados os preços dos blocos de alvenaria estrutural da empresa Palotti de Santa Maria, o orçamento obteve valores mais aproximados para esse sistema referente ao mercado regional. Os valores dos materiais interferem

diretamente no custo da obra, sendo que o aumento nos últimos tempos vem crescendo juntamente com a quantidade de obras, itens como a armadura têm uma influencia muito alta em relação à estrutura da edificação.

É notável que para a aplicação do sistema de alvenaria estrutural é necessário um controle maior na hora da execução, pelo fato da modulação existente no projeto e o preço dos blocos. Esse sistema exige uma mão de obra mais qualificada, pois cada bloco assentado tem importância estrutural e exige técnicas construtivas diferentes das convencionais. Quando é feito a comparação com o sistema de concreto armado, o custo da alvenaria estrutural diminui, porque não é necessário à utilização de vigas, pilares e formas de madeira, pesando no custo final da obra.

Outras características são sobre as instalações elétricas e hidráulicas, que devem ser executadas por dentro dos blocos, evitando os rasgos nas paredes, o que origina em uma menor geração de resíduos na obra. Na parte de revestimento, a alvenaria estrutural tem suas vantagens em questão do consumo de material, isso porque são executadas com maior controle e os blocos possuem uma superfície mais uniforme, dessa forma a espessura do revestimento diminui, ocasionando menores custos na execução da obra.

Esse sistema apresenta desvantagens bastante comum de acontecer, é a eliminação, mudanças ou improvisações de paredes, sendo possível apenas em projeto, e ainda, a remoção de algumas paredes só pode ser feitas se elas são consideradas como de vedação, as que possuem função estrutural não podem ser removidas.

Vale lembrar que os autores relacionados ao sistema de alvenaria estrutural destacam em suas vantagens a simplificada técnica executiva, que diminui o numero de materiais e mão de obra, permitindo o controle e integração de cada etapa a ser executada, originando redução de custos e prazos de finalização da obra.

Devido às vantagens do sistema de alvenaria estrutural, que possibilita a execução de uma obra de forma racionalizada, com produtividade e qualidade, acabou tornando-se muito utilizada no mundo inteiro, obtendo tecnologias que proporcionam menores custos e prazos de execução.

6 CONCLUSÃO

Pelo meio do estudo realizado nesse trabalho, onde buscou-se comparar os dois sistemas construtivos mais utilizados na engenharia, a pesquisa concretizou as referencias já estudas por diversos autores, buscando avaliar o sistema construtivo de menor custo final. Através das empresas que fornecem matérias para a região e pelo SINAPI/RS, podem-se obter os quantitativos e os preços das composições existentes para a estrutura de cada sistema.

A parte da estrutura de um edifício executado em alvenaria estrutural, com oito pavimentos e com uma arquitetura menos arrojada, apresenta diferença de custo global, em relação, a edificação construída pelo sistema de concreto armado convencional. Por possuir projetos associados e integrados entre si, a alvenaria estrutural requer um planejamento mais adequado, proporcionando um controle de qualidade e consumo maior se comparado com concreto armado convencional.

Analisando condições estudadas, concluiu-se, que os resultados confirmam a eficácia do sistema construtivo em alvenaria estrutural, fazendo com que o desperdício de materiais, a racionalização e a velocidade na execução sejam fatores positivos para o empreendimento realizado. Por esse motivo, a aceitação desse sistema em construção de habitações social está sendo o investimento mais adequado para as pessoas que possuem uma renda mais baixa.

Contudo, é importante indicar que nem sempre a alvenaria estrutural será a melhor opção a se escolher na hora de construir, o sistema está limitado ao número de pavimentos por questões econômicas e a arquiteturas mais arrojadas. Deste modo, a estrutura de concreto armado convencional além de possuir uma demanda de mão de obra muito maior, atende a edifício com maior numero de pavimentos.

Pela falta de informação das pessoas e de conhecimento específico dos profissionais da construção civil, nota-se a necessidade de ir em busca de divulgação e treinamento deste método construtivo. Através de um maior entendimento e mão de obra especializada, é possível diminuir as patologias vistas nas obras de hoje e os custos referentes a pouca experiência na execução.

7 REVISÃO BIBLIOGRÁFIA

ACCETTI, K. M. **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria estrutural**. 1998. 247 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 1998. Disponível em: <http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1998ME_KristianeMattarAccetti.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2014.

ARAÚJO, L. O. C.; FREIRE, T. M. **Tecnologia e gestão de sistemas construtivos de edifícios**. São Carlos, 2004. 86 p. Apostila. Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/129392025/Apostila-Curso-Estrutura-Luis>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

ARCARI, A. **Alvenaria estrutural e estruturas aporticadas de concreto armado: estudo comparativo de custos para execução de empreendimento habitacional de interesse social**. 2010. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28550/000769494.pdf>>. Acesso em 15 jul. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 6136**: Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação: terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru, 2006. 92 p. Apostila. Faculdade de Engenharia. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2014.

CARBONERO, G. **Orçamento de obras públicas: parâmetros de composições do bônus e despesas indiretas - BDI, incidentes sobre as despesas diretas e dos encargos sociais e trabalhistas, incidentes sobre a mão de obra, referentes às obras da secretaria de estado de obras públicas do Paraná - SEOP PR**. 2010, 88 p. Monografia (Especialização em Gestão de Obras Públicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/27691/CARBONERO,%20GEORGINA.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 22 de out. 2014.

CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIAS (Ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. p. 863-904.

CERÂMICA PALOTTI. **Alvenaria estrutural**. Disponível em: <<http://www.ceramicapalotti.com.br/?ss=produtos&pg=estruturais>>. Acesso em: 25 jul. 2014.

CLIMACO, J. C. T. S. **Estruturas de concreto armado**: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. 2. ed. rev. Brasília: Editora UnB, Finatec, 2008.

EBERICK V6. Software para projeto estrutural em concreto armado. Disponível em: Construir Construtora e Incorporadora Ltda. Acesso em: jun. 2014.

FERNANDES, M. J. G., SILVA FILHO, A. F. **Estudo comparativo do uso da alvenaria estrutural com bloco de concreto simples em relação ao sistema estrutural em concreto armado**. Salvador: Ucsal, 2010. 18 p. Disponível em: <http://info.ucsal.br/banmon/Arquivos/Art3_0075.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2014.

FERREIRA, B. L. O.; POMPEU JUNIOR, L. G. C. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto – método executivo, vantagens e desvantagens de seu uso**. 2010. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal da Amazônia, Belém, 2010. Disponível em: <<http://www.unama.br/novoportal/ensino/graduacao/cursos/engenhariacivil/attachments/article/128/ALVENARIA-ESTRUTURAL-BLOCO-CONCRETO.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2014.

FIGUEIRÓ, W. O. **Racionalização do processo construtivo de edifícios em alvenaria estrutural**. 2009. 88 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Wendell%20Oliveira%20Figueir%F3%20-%20Vers%E3o%20final%20-%2030.01..pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2014.

FONSECA, R. P. **A estrutura do Instituto Central de Ciências: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção**. 2007. 213 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <http://bdtd.bce.unb.br/tesesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2328>. Acesso em: 23 jul. 2014.

GERDAU. **Aço para construção civil**. 2012. 8 p. Disponível em: <http://www.comercialgerdau.com.br/produtos/download/catalogos/catalogo_aco_para_constru%C3%A7ao_civil.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2014.

GRAZIANO, F. P. **Projeto e execução de estruturas de concreto armado**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

HENDRY, A.W. Engineered design of masonry buildings: fifty years development in Europe. **Prog. Struct. Eng. Mater**, University of Edinburgh, Scotland, v. 4, n. 3,

p.291–300. jul./set. 2003. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pse.118/pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2014.

KAEFER, L. F. **A evolução do concreto armado**. São Paulo, 1998. 43 p. PEF 5707 – Concepção, projeto e realização das estruturas: aspectos históricos – 1998.3. Disponível em:<<http://www.lem.ep.usp.br/pef605/HistoriadoConcreto.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

KAGEYAMA, T.; KISHI, S.; MEIRELLES, C. R. M. As interferências do processo construtivo da alvenaria estrutural na redução dos custos na construção arquitetônica. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v.6, n. 6-10, p. 44-64, 2009. Disponível em: <<http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rmec/article/view/3326/2778>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

LISBOA, R. Q. **Análise comparativa entre prédios com estrutura convencional em concreto armado e alvenaria estrutural**. 2008. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade da Amazônia, Belém, 2008. Disponível em: <http://www.unama.br/novoportal/ensino/graduacao/cursos/engenhariacivil/attachments/article/125/analise_predios_convencional_alvenaria_estrutural.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2014.

LUIZ, E. **História**: Ponte Emílio Baumgart desperta interesse de acadêmicos e engenheiro. 2011. Disponível em: <http://www.ederluiz.com/arquivos_internos/index.php?abrir=noticias&acao=conteudo&cat=13&id=374>. Acesso em: 23 jul. 2014.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.

MELLO, C. W. **Avaliação de sistemas construtivos para habitações de interesse social**. 2004. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4788/000460093.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 jun. 2014.

MENDONÇA, E. C. G. Emprego dos custos unitários de projetos padrões na avaliação de imóveis: comparativo entre o CUB e o SINAPI. **Revista Especialize**. Goiás, 22 p., 2012. Disponível em :<<http://www.iopg.edu.br/uploads/arquivos/80a64ebaceabc116dbae11f767391066.pdf>>. Acesso em: 23 de out. 2014.

MODLER, L. E. A. **Características, possibilidades e limitações de um software como ferramenta de apoio para o ensino das disciplinas do curso de engenharia civil da Unijuí**. Ijuí, 2003. 11 p. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2003/artigos/EIT615.pdf>>. Acesso em : 24 de out. 2014.

OLIVEIRA JUNIOR, V. **Recomendações para projetos de edifícios em alvenaria estrutural**. 1992. 266 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 1992. Disponível em: <http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1992ME_ValdirOliveiraJunior.pdf> . Acesso em: 22 jun. 2014.

O RIO de Janeiro de Peter von Fuss. **Revista Internética João do Rio**, v. 6, n. 33, out./nov. 2008. Disponível em: < http://www.joaodorio.com/site/index.php?option=com_content&task=view&id=211&Itemid=117>. Acesso em: 23 jul. 2014.

PAULUZZI BLOCOS CERÂMICOS LTDA. **Alvenaria Estrutural**. 2012. Disponível em: <<http://www.pauluzzi.com.br/alvenaria.php>> .Acesso em: 23 jun. 2014.

PINHEIRO JUNIOR, L. F.; NEVES, I. D. O sistema de acompanhamento de obras com fotos digitalizadas - SIURB. In: VII SIMPÓSIO NACIONAL DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS, 2002, Brasília. **Anais...**Brasília: TCU, 2002.

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

SABATTINI, F. H. **Desenvolvimentos de métodos, processos e sistemas construtivos**: formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. 207 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.pec.poli.br/conteudo/bibliografia/_TeseSabbatini%202007v5%20%283%29.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2014.

SANTOS, M. D. F. **Técnicas construtivas em alvenaria estrutural**: contribuição e uso. 1998. 130, xix f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998. Disponível em: <<http://www.ceramicapalmadeouro.com.br/downloads/santos1998.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2014.

SILVA FILHO, L. O.; LIMA, M. C.; MACIEL, R. G. **Efeito barganha e cotação**: fenômenos que permitem a ocorrência de superfaturamento com preços inferiores às referências oficiais. Porto Alegre, 2010. 12p. Disponível em: <http://5ccr.pgr.mpf.mp.br/publicacoes/eventos/audienciapublica/efeito_barganha_e_cotacao.pdf>. Acesso em: 22 out. 2014.

SILVA, M. M. A. **Diretrizes para projeto de alvenarias de vedação**. 2003. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-01032004-150128/pt-br.php>>. Acesso em: 25 jul. 2013.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/sinapi/servicos_comdes_jun_2013/Servicos_RS_JUN_2013_SEM_DESONERA%C7%C3O.pdf>. Acesso em: 21 out. 2014.

SOUZA JUNIOR, T. F. **Estruturas de concreto armado**. Lavras, [200-]. 23p. Notas de aulas. Universidade Federal de Lavras. Disponível em:<http://www.tooluizrego.seed.pr.gov.br/redeescola/escolas/27/2790/30/arquivos/File/Disciplinas%20Conteudos/Quimica%20Subsequente/Quimica%20Inorganica/Carlos_3Sem_Concreto.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2013.

VILASBOAS, J. M. L.V. **Durabilidade das edificações de concreto armado em Salvador**: uma contribuição para a implantação da NBR 6118:2003. 2004. 229 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambiental no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004. Disponível em:<http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_jose_m_l_vilasboas.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.