

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES INTEGRADAS DE TEÓFILO OTONI**

**ESTUDO COMPARATIVO TÉCNICO E ECONÔMICO ENTRE A ALVENARIA
ESTRUTURAL E ALVENARIA CONVENCIONAL APLICADAS EM UMA
RESIDENCIA UNIFAMILIAR EM TEÓFILO OTONI**

TEÓFILO OTONI / MG

2018

**BÁRBARAH MARQUES SILVA
GERALDO RIBEIRO DA CRUZ
SILVANI RODRIGUES DE SOUZA**

FACULDADES INTEGRADAS DE TEÓFILO OTONI

**ESTUDO COMPARATIVO TÉCNICO E ECONÔMICO ENTRE A ALVENARIA
ESTRUTURAL E ALVENARIA CONVENCIONAL APLICADAS EM UMA
RESIDENCIA UNIFAMILIAR EM TEÓFILO OTONI**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil das Faculdades Unificadas de
Teófilo Otoni, como requisito parcial
para a obtenção do grau de bacharel
em Engenharia Civil**

**Área de Concentração: Construção
Civil**

Orientador: Gilmar Baldow Burmann

TEÓFILO OTONI / MG

2018



FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de conclusão de curso intitulado ESTUDO COMPARATIVO TÉCNICO E ECONÔMICO ENTRE A ALVENARIA ESTRUTURAL E ALVENARIA CONVENCIONAL APLICADAS EM UMA RESIDENCIA UNIFAMILIAR EM TEÓFILO OTONI, elaborados pelos alunos BÁRBARAH MARQUES SILVA, GERALDO RIBEIRO e SILVANI RODRIGUES foi aprovada por todos os membros da banca examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Civil das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni como requisito parcial para obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL

Teófilo Otoni, 11 de Dezembro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador

Examinador

Examinador

Dedico este trabalho aos meus pais Edivaldo e Rosemary que me apoiaram e foram pacientes, a minha avó Maria (em memória) e em especial a meu filho Calebe, que com muito carinho e compreensão foi o estímulo para que concluísse esta etapa.

Bárbarah Marques Silva

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus pelo zelo, a minha família por todo apoio e incentivo e em especial ao meu pai Sebastião por todo cuidado.

Geraldo Ribeiro da Cruz

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por toda a força, a minha família por todo apoio e em especial a minha mãe Maria de Lurdes por todo incentivo e intercessão.

Silvaní Rodrigues de Souza

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter iluminado nossa trajetória acadêmica dando força para superar as dificuldades.

Ao nosso orientador Gilmar Baldow Burmann, pelo suporte e incentivo tornando possível a conclusão da pesquisa.

A todos os professores que transmitiram seu conhecimento ao longo destes cinco anos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Edifício Monadnock em Chicago	28
Figura 2: Teatro Municipal em São Paulo	29
Figura 3: Modelo de estrutura em alvenaria estrutural	31
Figura 4: Elementos básicos da alvenaria estrutural.....	32
Figura 5: Tipos de blocos cerâmicos	33
Figura 6: Utilização da argamassa na Alvenaria Estrutural.....	34
Figura 7: Armadura utilizada na alvenaria com preenchimento de graute.	36
Figura 8: Utilização do graute para preenchimento de vazios dos blocos e canaletas.....	37
Figura 9: Ingalls Building – Primeiro arranha-céu de Concreto Armado.....	40
Figura 10: Edifício A Noite no Rio de Janeiro.....	40
Figura 11: Ponte Baumgart – primeira ponte em concreto armado no mundo	41
Figura 12: Elementos básicos da estrutura de concreto armado	42
Figura 13: Modelo da estrutura de concreto armado convencional.....	43
Figura 14: Planta baixa para Alvenaria Estrutural e Alvenaria Convencional.....	52
Figura 15: Perspectiva da fachada.....	57
Figura 16: Planta Baixa	58
Figura 17: Planta baixa das primeiras fiadas de blocos cerâmicos	59
Figura 18: Elevação das paredes no projeto estrutural	60
Figura 19: Tijolos utilizados para a construção em Alvenaria Estrutural	60
Figura 20: Planilha orçamentária Alvenaria Estrutural (SUPRAESTRUTURA)	61
Figura 21: Vista Frontal da construção em Alvenaria Estrutural.....	62
Figura 22: Vista lateral da construção em Alvenaria Estrutural	62
Figura 23: Visão 3D do projeto estrutural em Concreto Armado	64
Figura 24: Custo da superestrutura e paredes para o sistema de Concreto Armado - Setembro/2018.....	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparativo das composições consideradas.....	67
Gráfico 2: Custo global da estrutura em Alvenaria Estrutural e Concreto Armado	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tipos de Alvenaria Estrutural e suas definições	31
Quadro 2: Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural	38
Quadro 3: Vantagens e desvantagens do concreto armado convencional	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Armaduras para concreto armado com as respectivas áreas de aço e massa Linear	47
Tabela 2: Comparativo entre principais custos entre as alvenarias	66

RESUMO

Com o passar dos anos, pôde-se observar a modificação da construção civil, influenciada por uma série de fatores, havendo assim aumento na competição das empresas e entrada de novos concorrentes. Com o intuito de garantir um lucro satisfatório, a eficiência no processo construtivo vem se tornando o objetivo das construtoras, pois assegura a sua permanência no mercado. O presente trabalho visa à análise 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, fazendo então um comparativo entre os custos orçados. Para se chegar a estes resultados foram realizados projetos e cálculos estruturais, auxiliado pelo EBERYCK© e CYPECAD© a fim de dimensionar os elementos, e elaborou-se a planilha orçamentária da obra. Comparando os resultados obtidos verificou-se que o método construtivo em concreto armado apesar de ser o preferido entre os profissionais da área apresenta um custo maior e que a alvenaria estrutural apresenta um resultado com acabamento superior e menor número de equipes de trabalho. Com a realização do trabalho de pesquisa conclui-se que a utilização de alvenaria estrutural apresenta uma economia em relação ao concreto armado no custo global do orçamento.

Palavras-chave: Construção Civil. Custos. Eficiência. Economia.

ABSTRACT

With the passing of the years, it was possible to observe the modification of the civil construction, influenced by a series of factors, thus increasing in the competition of the companies and entrance of new competitors. In order to guarantee a satisfactory profit, the efficiency in the construction process has become the goal of the constructors, as it ensures their permanence in the market. The present work aims at the analysis of costs and the differences of the structural systems of structural masonry and conventional concrete, identifying the costs of the materials used and the manpower for the execution of both, making a comparative between the budgeted costs. In order to reach these results, projects and structural calculations were carried out, assisted by EBERYCK © and CYPECAD © in order to scale the elements, and the budget worksheet was prepared. Comparing the obtained results it was verified that the constructive method in reinforced concrete, despite being preferred among the professionals of the area, presents a higher cost and that the structural masonry presents a result with a higher finish and a smaller number of work teams. With the accomplishment of the research work it is concluded that the use of structural masonry presents an economy in relation to the reinforced concrete in the global cost of the budget.

Key words: Civil Construction. Costs. Efficiency. Economy

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
2 REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1 História do sistema construtivo em alvenaria estrutural	27
2.1.1. Apresentação do sistema construtivo.....	29
2.1.2 Tipos de paredes em alvenaria estrutural	30
2.1.3 Elementos que compõem a alvenaria estrutural	32
2.1.3.1 <i>Unidade</i>	32
2.1.3.2 <i>Argamassa</i>	33
2.1.3.3 <i>Armadura</i>	35
2.1.3.4 <i>Graute</i>	36
2.1.4 Prós e contras da alvenaria estrutural.....	37
2.2 História do sistema construtivo em concreto armado convencional	39
2.2.1 Apresentação do sistema construtivo.....	41
2.2.2 Principais constituintes do concreto armado	44
2.2.2.1 <i>Cimento</i>	44
2.2.2.2 <i>Agregados</i>	45
2.2.2.3 <i>Água</i>	45
2.2.2.4 <i>Aditivos</i>	45
2.2.2.5 <i>Armadura</i>	46
2.2.3 Prós e contras do concreto armado	47
2.2.4 Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).....	50
3 METODOLOGIA	51
3.1 Classificação quanto aos fins	51
3.2 Classificação quanto aos meios	51
3.2.1 Projeto base	52
3.2.2 Projetos complementares	53
3.2.3 Projeto estrutural	53
3.2.3.1 Elaboração da planilha	54
3.3 Tratamento de dados	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1 Apresentação do projeto residencial em análise	57

4.2 Levantamento de custos entre os dois sistemas estruturais	58
4.2.1 Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural	60
4.2.2 Sistema construtivo de concreto armado convencional	63
4.3 Comparativo de custo entre as estruturas	65
5 CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
APÊNDICES	77

1 INTRODUÇÃO

Devido ao elevado déficit habitacional decorrente de uma explosão demográfica, o setor da construção civil vem sendo reformulado para atingir esta demanda, com a aplicação de novas técnicas de projetos e execução da obra (CARDOSO *et al.*, 2005). Atrelado a este déficit, existe uma nova sociedade exigente e competitiva, assim, os novos métodos, além de serem eficientes, necessitam possuir menores custos.

Deste modo, a indústria da construção civil, que era conhecida pelos seus elevados custos, está sendo renovada com a aplicação de novas técnicas, métodos e sistemas construtivos. As empresas vêm buscando a redução dos gastos na hora de construir, embora necessitem manter a qualidade para atrair seus clientes. Com isso, observa-se a busca por novas técnicas que facilitem o serviço e, conseqüentemente, diminuam as etapas necessárias para a conclusão do mesmo, além de proporcionar a redução de materiais e mão de obra especializada (FERNANDES; SILVA FILHO, 2010).

A população está cada vez mais investindo em seu próprio imóvel e com isso surge a necessidade de construções que atendam as camadas de renda mais baixa (MELLO, 2004). Nesse contexto, devido ao crescimento da concorrência, no setor da construção civil, uma das prioridades das empresas do ramo da construção é a economia na execução de um empreendimento.

Construir deixou de ser simplesmente uma materialização de formas e volumes e passa a ser, cada vez mais, uma questão de minimização de custos e controle. Isso não poderia ser diferente na construção de obras prediais, pois as empresas precisam economizar para viabilizar preços acessíveis para seus clientes (FERNANDES; SILVA FILHO, 2010).

Segundo Mello (2004), as construções requerem rapidez, baixo custo e qualidade. Com isso, o orçamento de uma obra deve envolver sistemas construtivos que aperfeiçoem a realidade. Dentro dos novos sistemas construtivos, que se adequam a esta nova demanda, encontra-se a alvenaria estrutural, que passou a ser um sistema construtivo bastante utilizado na substituição das antigas construções convencionais em concreto armado.

É possível observar que a construção civil se modificou por influência de vários fatores. No entanto, muitos construtores ainda não utilizam a alvenaria

estrutural por desconhecerem suas vantagens para as construções, entre elas, a economia. A utilização desse método construtivo é bastante viável, segundo Fernandes e Silva Filho (2010), não só para obras habitacionais de baixa renda, mas também para a classe média e alta, gerando redução do custo final para seus consumidores.

Observa-se que, nas últimas décadas, no Brasil, a alvenaria estrutural vem ganhando espaço, devido ao baixo custo e rapidez de execução, em relação a estruturas convencionais de concreto armado. Segundo seus defensores, o sistema reduz consideravelmente o consumo e o desperdício de materiais (ALEXANDRE, 2008). A cada dia, em escala cada vez maior, a alvenaria estrutural tem se mostrado uma solução construtiva com características de durabilidade, com pouco desperdício, e de acordo com os princípios de sustentabilidade que a sociedade procura para suas construções (TAUIL; NESE, 2010).

Existem alguns custos que não podem deixar de ser citados em construções de alvenaria estrutural, tais como a diminuição de entulhos gerados na obra, desenvolvimento dos projetos de forma interdisciplinar, redução no tempo de construção e a racionalização que gera para o canteiro de obra (KAGEYAMA; KISHI; MEIRELLES, 2009).

De acordo com Manzione (2003), o sistema em alvenaria estrutural só é economicamente viável para edificações de até 15 pavimentos. Para o autor, a partir disso, torna-se necessária a realização de comparativos com a estrutura de concreto armado convencional, para verificar qual o sistema que é mais econômico.

Em virtude do exposto, esta pesquisa tem como objetivo estudar de maneira técnica e econômico entre a alvenaria estrutural e concreto armado aplicadas em uma residência unifamiliar em Teófilo Otoni.

Para alcançar os resultados foi elaborado um projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar em que se realizou um estudo com o objetivo de avaliar se existe economia na utilização de construção em alvenaria estrutural através dos objetivos específicos que foram as análises de custos e as diferenças dos sistemas construtivos de alvenaria estrutural e alvenaria 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 valores orçados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A engenharia é o uso racional de conhecimentos científicos e tecnológicos necessários para a criação de materiais e equipamentos utilizados ao constante aprimoramento das condições de vida do homem (FERNANDES; SILVA FILHO, 2010). Desse modo, para atender as necessidades do homem, a engenharia está em constante mudança, buscando adaptar os processos construtivos tradicionais para melhor atender as exigências da sociedade.

2.1 História do sistema construtivo em alvenaria estrutural

A alvenaria é um material de construção tradicional que tem sido usado há milhares de anos. Segundo Hendry (2002), por volta do século XVII, foi onde ela passou a ser tratada como tecnologia de construção. Apesar de terem sido realizados testes de resistência dos elementos de alvenaria estrutural, em vários países, as limitações eram grandes, pois os métodos de cálculo eram muito empíricos. Entre os Séculos 19 e 20, vários edifícios em alvenaria estrutural foram construídos com espessuras excessivas de paredes.

Um exemplo clássico que pode ser citado é o Edifício Monadnock, em Chicago, ilustrado na Figura 1, construído entre 1889 a 1891. Com 16 pavimentos e 65 metros de altura, o edifício possui as paredes com base de 1,80 m de espessura, resultado do dimensionamento por métodos empíricos daquela época e, apesar de suas paredes, o edifício tornou-se símbolo da moderna alvenaria estrutural (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Contemporaneamente, se este mesmo edifício fosse dimensionado com os materiais contendo as mesmas características daquela época e os procedimentos de cálculos utilizados na época, a espessuras das paredes seriam inferiores a 30 cm (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Figura 1: Edifício Monadnock em Chicago

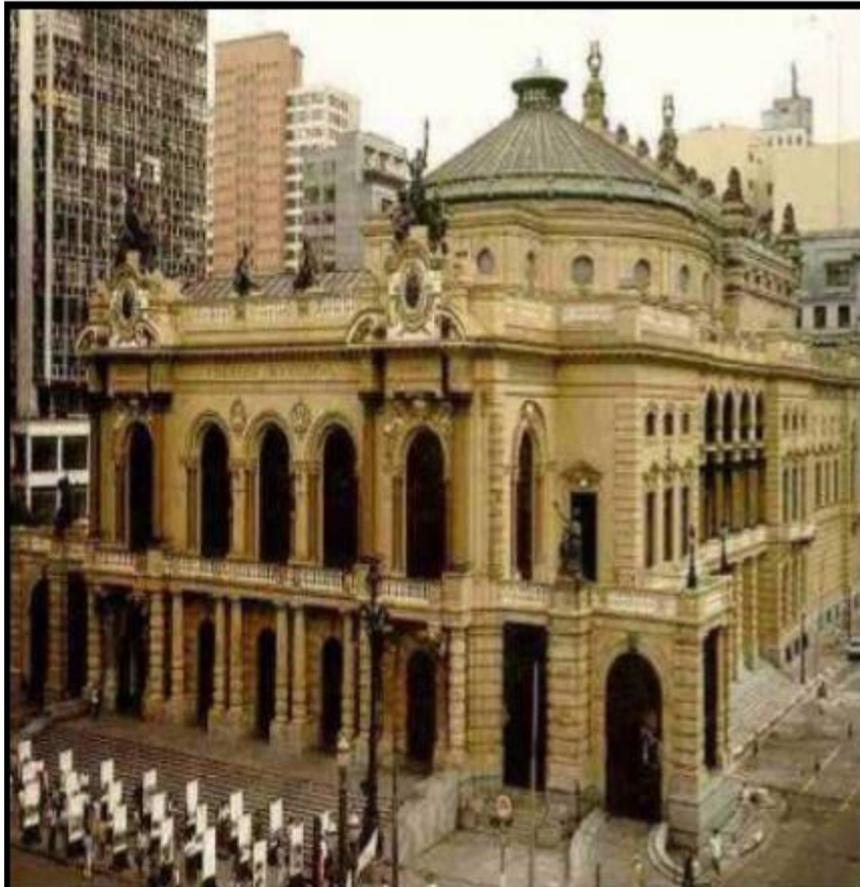


Fonte: Quemelli (2007)

Por tais motivos envolvendo baixa velocidade de construção e perda de espaço, a alvenaria estrutural não teve muita aceitação para edifícios altos. Após vários experimentos na Europa na década de 50 a alvenaria estimulou novamente o interesse como uma opção para a construção de empreendimentos (ACETTI, 1998). No Brasil a alvenaria tardou a encontrar seu espaço como um processo construtivo econômico e racional (RAMALHO, CORRÊA, 2003).

A Figura 2 mostra uma das construções mais relevantes em alvenaria estrutural. O Teatro Municipal em São Paulo é o exemplo que mais se destaca na realização deste tipo de sistema construtivo, sendo sua construção realizada entre os anos de 1903 a 1911.

Figura 2: Teatro Municipal em São Paulo



Fonte: Silva (2003, p. 8)

2.1.1 Apresentação do sistema construtivo

Segundo Penteadó (2003), a alvenaria estrutural é um tipo de estrutura em que as paredes são elementos resistentes, compostas por blocos que estão unidos por juntas de argamassa, sendo assim, capazes de resistirem ao seu peso próprio e o de outras cargas.

Para influenciar na resistência a compressão da alvenaria alguns fatores, segundo Hendry (2002), 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.

Na alvenaria estrutural as paredes são os elementos estruturais devendo assim sustentar às cargas como resistiriam os pilares e as vigas, utilizados em obras de concreto armado, madeira ou aço. De forma geral o projeto conceitua a distribuição das paredes de forma que cada uma atue como parte estabilizadora da outra (SABATTINI *et al.*, 1998).

Não só pelo seu comportamento, mas a modulação e a racionalização do projeto são essenciais para uma obra construída em alvenaria estrutural. A integração entre os projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico das edificações são fundamentais e podem gerar uma economia significativa no custo total da obra (FERREIRA; POMPEU JUNIOR, 2010).

Como observado em Santos (1998) e Lisboa (2008) os tipos de alvenarias podem ser classificadas em:

- **Alvenaria não armada:** construída com blocos estruturais, maciços ou vazados, assentados com argamassa, onde os reforços com aço ocorrem apenas por finalidade construtiva de amarração; neste tipo de alvenaria não são absorvidos os esforços calculados.

- **Alvenaria armada:** construída com blocos estruturais vazados, assentados com argamassa. Alguns desses blocos vazados são reforçados, ou seja, preenchidos com graute, contendo armadura coberta o suficiente para atender às exigências estruturais, além daquelas com finalidade construtiva ou de amarração.

- **Alvenaria protendida:** é reforçada por armadura ativa (pré-tensionada), que submete a alvenaria a tensões de compressão.

- **Alvenaria resistente:** são alvenarias edificadas para sustentar a cargas além de seu peso.

- **Alvenaria estrutural:** é toda a estrutura em alvenaria, dimensionada com procedimentos racionais de cálculo para suportar cargas além do seu peso próprio.

2.1.2 Tipos de paredes em alvenaria estrutural

Com base em Santos (1998) e em Camacho (2006), no Quadro 1 apresenta-se os tipos de alvenaria estrutural.

Quadro 1: Tipos de Alvenaria Estrutural e suas definições

TIPO DE ALVENARIA ESTRUTURAL	DEFINIÇÃO
Paredes de Vedação	A parede de alvenaria é denominada parede de vedação quando suporta apenas seu peso próprio, não admitindo outras cargas. Ela tem a função de separar ambientes internos e externos e, também, pode embutir tubulações hidrossanitárias.
Paredes Estruturais	A parede estrutural é dimensionada para resistir a todas as cargas verticais do peso próprio e acidentais aplicadas sobre ela.
Paredes de Contraventamento	São paredes estruturais que, além de resistir às cargas verticais, são projetadas para resistir também as cargas horizontais segundo seu plano seja da ação do vento, de desaprumo da estrutura ou sísmicas conferindo rigidez necessária à estrutura.
Paredes Enrijecedoras	Têm a função de fortalecer as paredes estruturais contra a flambagem.

Fonte: Adaptado de Santos (1998) e Camacho (2006)

A Figura 3 apresenta modelo de estrutura de parede em alvenaria estrutural.

Figura 3: Modelo de estrutura em alvenaria estrutural

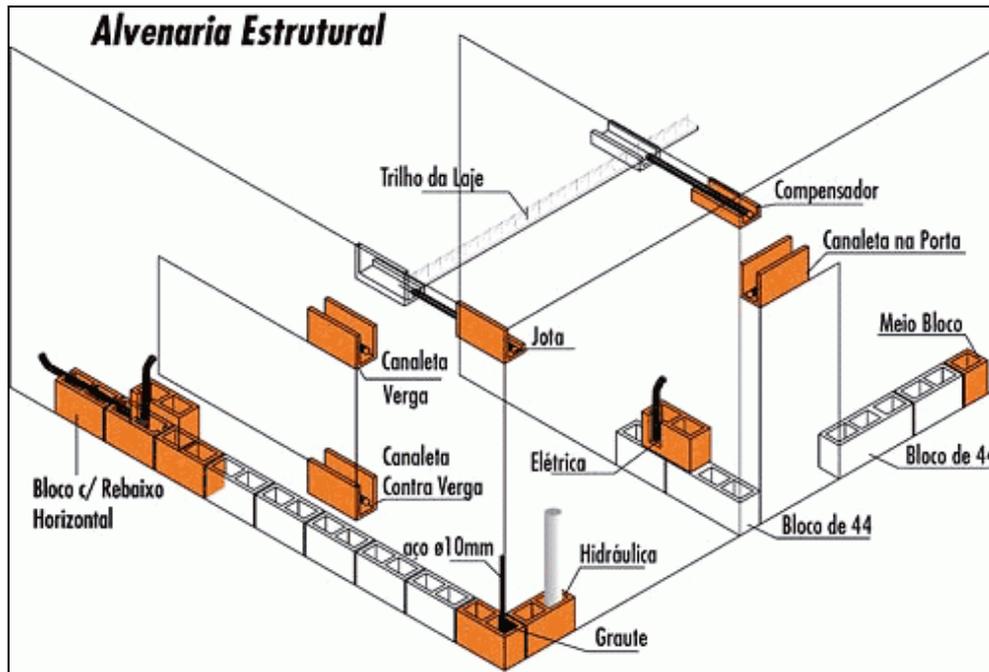


Fonte: Arquivo pessoal

2.1.3 Elementos que compõem a alvenaria estrutural

Conforme Salema (2014), na Figura 4, observa-se um esquema da sequência a ser seguida para a execução do sistema construtivo em alvenaria estrutural.

Figura 4: Elementos básicos da alvenaria estrutural



Fonte: Salema, 2014

2.1.3.1 Unidade

As unidades são um componente básico da alvenaria estrutural que, segundo Ramalho e Corrêa (2003), são as responsáveis pelas características de resistência da estrutura. Podem ser de cerâmica, de concreto e de sílico-calcáreas. Ademais, ainda podem ser de forma maciça (tijolos) ou de forma vazada (blocos).

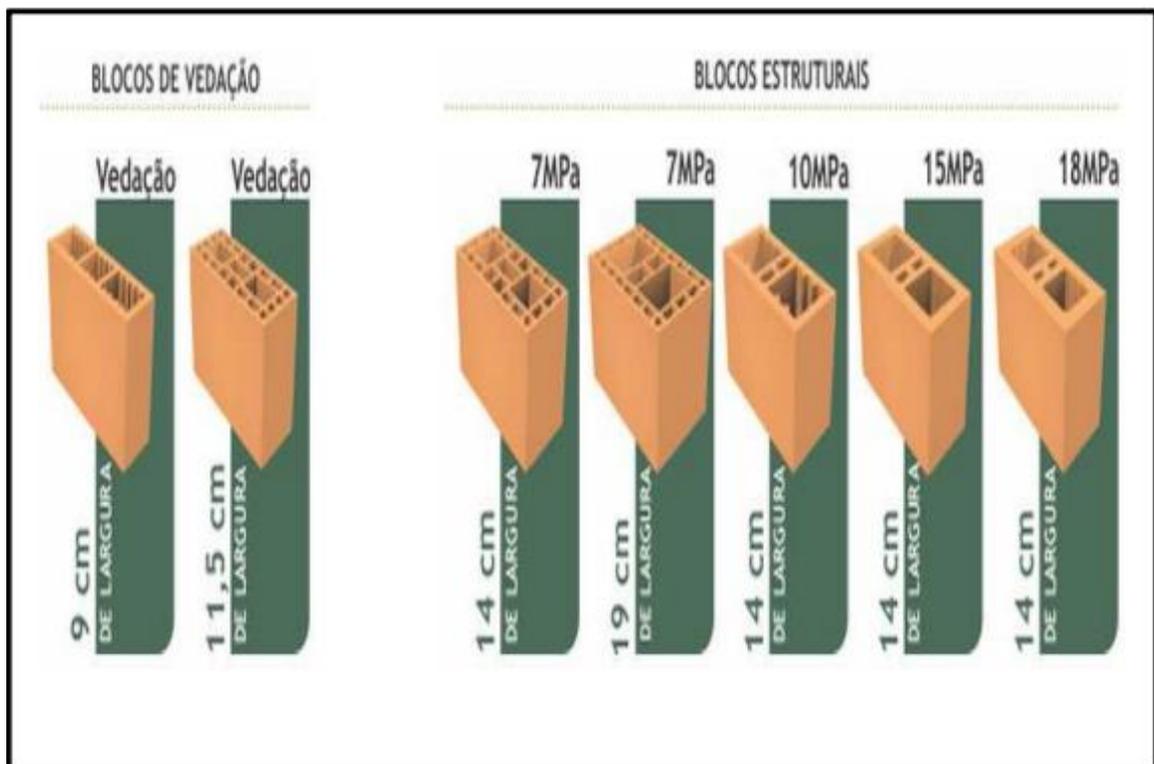
Quanto à aplicação das unidades, elas podem ser classificadas em estruturais e de vedação. Portanto, é necessário analisar o que está sugerido nas normas técnicas brasileiras, no que diz respeito às resistências mínimas que cada unidade deve apresentar (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Por exemplo, a NBR 15270 – Bloco Cerâmico para Alvenaria – (ABNT, 2005) especifica que a resistência mínima característica do bloco a compressão deve ser de 4 MPa, para blocos de concreto. Já a NBR 6136 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural – (ABNT, 2007) define 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, o revestimento deve ser de 4,5 MPa.

Na Figura 5 pode-se observar o formato dos blocos fabricados por uma empresa do estado do Rio Grande do Sul, com resistência característica a compressão específica de cada um.

Figura 5: Tipos de blocos cerâmicos



Fonte: Pauluzzi, 2012

2.1.3.2 Argamassa

A argamassa de assentamento possui em sua composição, areia, cimento, cal e água. Suas principais funções são de ligar as unidades, transformando-as em uma única estrutura; transferir e igualar as tensões entre as unidades de alvenaria; absorver pequenas deformações; e, evitar a entrada da água e de vento nas edificações (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Para Oliveira Junior (1992), a argamassa promove a união dos elementos, onde ocorre a necessidade de armaduras nas juntas ou o uso de telas especiais, conforme se observa na Figura 6.

Figura 6: Utilização da argamassa na Alvenaria Estrutural



Fonte: Arquivo Pessoal

Outra característica é corrigir as imperfeições de blocos aparentes, melhorando a estética e ajudando na modulação dos vãos. Todavia, com a intenção de ampliar a produção e minimizar as perdas, várias construtoras optam por argamassa industrializada, a qual pode ser misturada no local de aplicação e guardada em sacos, evitando a necessidade de centrais de produção e favorecendo o transporte dentro da obra (ARCARI, 2010). Conforme entendem Oliveira Junior (1992) e Lisboa (2008), a argamassa deve possuir as seguintes características no estado fresco:

- **Trabalhabilidade:** uma argamassa com boa trabalhabilidade significa que ela deve se aderir nas superfícies verticais do bloco e se esparramar facilmente sobre ele. A trabalhabilidade depende de vários elementos, tais como: a consistência, a qualidade do agregado, a capacidade de retenção da água da argamassa, o tempo decorrido da preparação, a quantidade de água, a fluidez, a adesão, a massa, dentre outros elementos.

- **Retenção de água:** a retentividade é a viabilidade da argamassa conter a água de assentamento. Problemas de durabilidade e estanqueidade na parede podem acontecer, caso essa retenção de água não seja adequada.
- **Tempo de endurecimento:** é a reação química entre o cimento e a água; no endurecimento ocorre a hidratação da argamassa. De acordo com Carasek (2007), para a argamassa no estado endurecido, ela necessita ter as seguintes características:
 - **Aderência:** a argamassa juntamente com o bloco deve possuir adequada aderência para absorver as tensões de cisalhamento e normais, as quais estão submetidas sem romper.
 - **Resistência a compressão:** a resistência da argamassa não deve ser superior a dos blocos da parede, mas ela deve ter resistência suficiente para suprir os esforços aos quais a parede será submetida.

2.1.3.3 Armadura

Para Manzione (2003), a função das armaduras é contestar as forças de tração. Ademais, o supracitado autor destaca que esta tensão provocada pelos esforços de tração deve ser compatível com a alvenaria.

Destaca-se que as armaduras utilizadas nas construções de alvenaria estrutural e as utilizadas nas construções de concreto armado são as mesmas. As armaduras na alvenaria estrutural são sempre envolvidas por groute, para garantir o trabalho em conjunto com o restante dos componentes da alvenaria (RAMALHO; CORRÊA, 2003), conforme é possível observar na Figura 7.

É interessante destacar que a armadura colocada nas juntas das argamassas de assentamento, não deve exceder a metade da espessura da junta sendo diâmetro mínimo igual a 3,8 mm (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Figura 7: Armadura utilizada na alvenaria com preenchimento de graute.



Fonte: Arquivo pessoal

2.1.3.4 Graute

O graute tem a função de favorecer o aumento da área da seção transversal das unidades ou provocar a consolidação dos blocos com auxílio das poucas armaduras situadas nos seus vazios. Desta maneira, as armaduras colocadas sustentam as tensões de tração que a alvenaria por si só não resistiria ou ainda o graute é utilizado para o preenchimento de vazios dos blocos e canaletas, conforme se percebe na Figura 8, podendo aumentar a capacidade portante da alvenaria à compressão, sem aumentar a resistência do bloco (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Para formar um conjunto único, o graute deve envolver completamente a armadura e aderir tanto a ela como ao bloco, sendo assim, forma-se uma estrutura monolítica, semelhante ao que acontece no concreto armado (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Figura 8: Utilização do graute para preenchimento de vazios dos blocos e canaletas.



Fonte: Arquivo Pessoal

2.1.4 Prós e contras da alvenaria estrutural

Em meio ao cenário mundial da construção, a alvenaria estrutural vem ganhando espaço devido a várias características que beneficiam seu uso em relação aos processos construtivos tradicionais. A economia, a velocidade e flexibilidade na construção são destaques para esse sistema. No Quadro 2, apresenta-se as vantagens e desvantagens do sistema construtivos de alvenaria estrutural, segundo os autores Manzione (2003), Lisboa (2008) e Figueiró (2009).

Quadro 2: Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Os pilares, lajes, vigas e alvenaria de vedação são os principais elementos da alvenaria convencional e, na alvenaria estrutural, as paredes cumprem a função de integrar a vedação e a estrutura. Por cumprir esta dupla função, há uma redução significativa nas etapas e no tempo de execução da alvenaria estrutural, já que toda a estrutura convencional é eliminada.	O tamanho dos vãos deve ser controlado, pois, quanto maiores os vãos, mais cargas serão geradas nas paredes, necessitando de blocos com resistências maiores.

Continuação Quadro 2

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Economia na utilização do aço, e de fôrmas, pela ausência de pilares e vigas para sustentação da estrutura. A quantidade de revestimento pode ser reduzida com a alta definição dimensional das unidades e da mão de obra de qualidade.	Se o índice de esbelteza do edifício for elevado, vai requerer muita armadura para aguentar os esforços de flexão, com isso, a aplicação do sistema se torna antieconômico.
Em construções convencionais são comuns as improvisações; já na alvenaria estrutural, isso não é possível, não comprometendo o custo e o encarecimento da obra.	Não permite a otimização de paredes, ou seja, é impossível a remoção de paredes, somente se for prevista em projeto.
Restrição do número de etapas, restrição da diversidade de materiais e mão de obra, facilidade dos procedimentos de execução, o que possibilita maior controle do processo e treinamento de mão de obra. Redução do tempo na execução pode chegar a 50% nas etapas da alvenaria estrutural, acelerando o cronograma e economizando os encargos financeiros	Durante a execução da alvenaria estrutural é necessário o emprego de instrumentos adequados, por isso, é de grande importância uma mão de obra qualificada. Para evitar problemas durante, e depois da ocupação da edificação, é necessário selecionar e capacitar a mão de obra.
Benefícios acústicos, alojamento de dutos hidráulicos e elétricos, não permitindo, posteriormente, rasgos e aberturas nas paredes para colocação de instalações elétricas e hidráulicas. Reduz, assim, 67% o material não aproveitável a ser retirado.	O sistema de alvenaria estrutural só é economicamente viável para edificações de até 15 pavimentos; a partir disso é necessário fazer comparativos com a estrutura de concreto armado convencional.
Em algumas situações é isento o uso de chapisco e emboço. Como as paredes da alvenaria estrutural não possuem relevância de pilares e vigas ocorre um desperdício menor em cortes de cerâmica que, assim como o gesso, podem ser coladas diretamente sobre os blocos.	

Fonte: Adaptado de Manzione (2003), Lisboa (2008) e Figueiró (2009).

Em termos gerais, percebe-se, que a alvenaria estrutural é um sistema construtivo, no qual, sua principal vantagem é a racionalização. A economia de tempo, mão de obra e materiais é de grande importância, diminuindo assim o custo final da obra.

2.2 História do sistema construtivo em concreto armado convencional

Mesmo o concreto simples, utilizado como material estrutural ter sido aplicado há milhares de anos atrás, contemporaneamente, o concreto armado com quase 2000 anos, ainda é muito novo e pode ser considerado um dos últimos grandes materiais estruturais que a humanidade descobriu para suas construções (HELENE, 2007).

Em 1824, o concreto armado, considerado moderno para aquela época, foi patenteado por James Parker e Joseph Aspdin, com o título de Cimento Portland (GRAZIANO, 2005). Nem mesmo a França e a Inglaterra, que eram as populações mais desenvolvidas daquela época, tinham emprego significativo do material. Pode-se destacar o registro dos franceses Lambot, em 1855, na construção de barcos e Monier, em 1877, na construção de vasos, os dois registros foram executados em argamassa armada. Neste contexto, surge o aço, tornando-se o material estrutural da construção civil, um produto industrializado e confiável (HELENE, 2007).

A utilização do concreto armado antigamente era empírica, até que laboratórios de estudos foram montados para realizar as experiências, as primeiras conclusões racionais e os princípios das modernas teorias surgiram sobre comportamento do material. O concreto armado nasceu da procura por um material estrutural com resistência satisfatória a tração, conhecido como armadura. Por meio da associação do concreto simples, com uma armadura passiva, alcança-se um material estrutural que resiste aos esforços a que a peça estiver submetida (CLÍMACO, 2008).

Um construtor francês, chamado François Hennebique, projetou e construiu o primeiro edifício totalmente em concreto armado, com lajes, vigas e pilares, e com 7 andares, sendo inaugurado em 1901, em Paris (HELENE, 2007). O primeiro arranha-céu, em concreto armado, foi construído nos Estados Unidos e recebeu o nome de Ingalls Building, com 16 andares, conforme ilustra a Figura 9.

Figura 9: Ingalls Building – Primeiro arranha-céu de Concreto Armado



Fonte: Kaefer (1998, p. 34)

No início do século XX, o Brasil cresceu na utilização do concreto armado. Com a difusão deste material estrutural, dois recordes na metade do século foram apresentados: o edifício “A Noite”, no Rio de Janeiro, Figura 10, na época, o mais alto do mundo em estruturas de concreto armado (CLÍMACO, 2008)

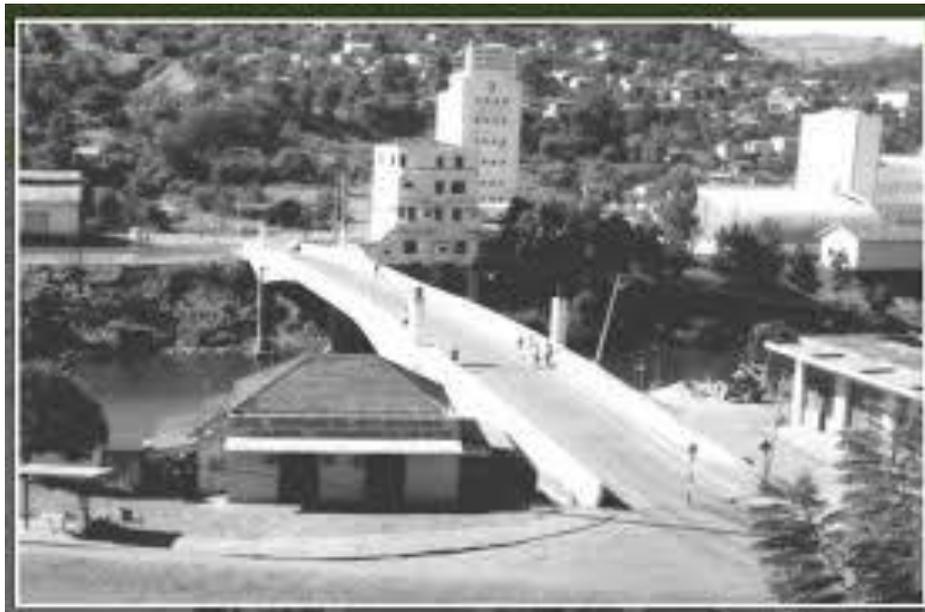
Figura 10: Edifício “A Noite” no Rio de Janeiro



Fonte: Imovelvip, 2012

Já a ponte Baumgart, construída pelo engenheiro Emilio Baumgart, em Santa Catarina, evidenciada na Figura 11, é a primeira ponte em concreto armado e com o maior vão livre conhecido na época (CLÍMACO, 2008).

Figura 11: Ponte Baumgart – primeira ponte em concreto armado no mundo



Fonte: Luiz (2011)

No Brasil, assim como a maioria dos países europeus, utiliza-se as estruturas em concreto armado convencionais nas 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)

2.2.1 Apresentação do sistema construtivo

O concreto armado é uma pasta feita com a combinação de agregado graúdo, agregado miúdo, cimento, areia e água e com armadura de aço. Por esta união é possível vencer grandes vãos e atingir grandes alturas, pois o aço resiste aos esforços de tração e o concreto aos esforços de compressão. Outra característica do concreto é que ele é um material plástico, moldável, no qual pode ser empregado de diversas maneiras (SOUZA JUNIOR, 2003). A aderência é fundamental para um desempenho conjunto desses materiais.

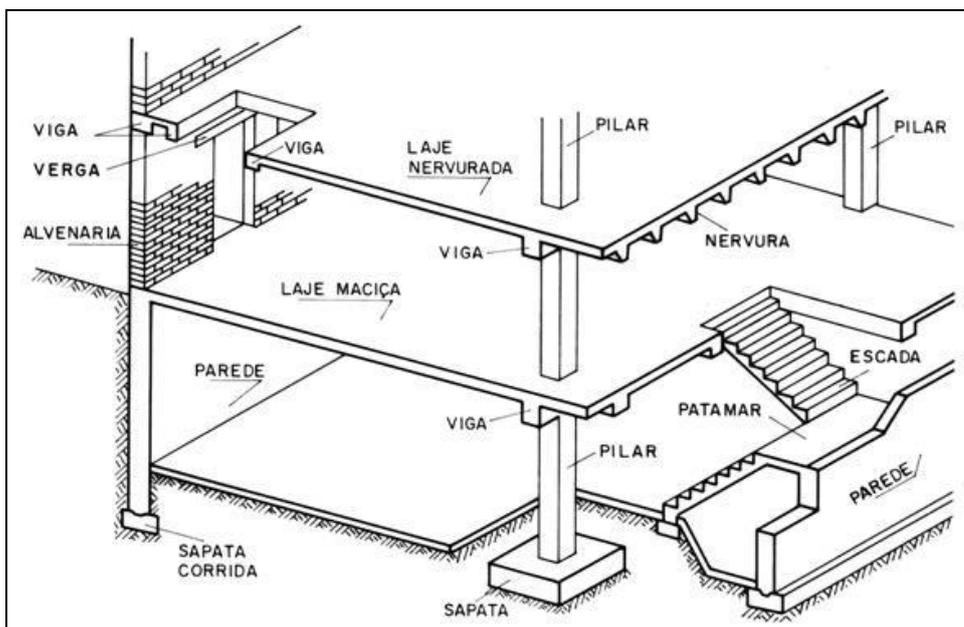
De maneira geral, assim como a alvenaria estrutural possui seus

componentes e procedimentos de execução, as estruturas de concreto armado convencional também possuem as suas. Na Figura 12, observa-se os elementos necessários da estrutura de concreto: vigas, pilares e lajes, formas e armaduras, as alvenarias possuem basicamente a função de vedação.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2007) e Graziano (2005), estão apresentadas a seguir as definições para os elementos básicos das estruturas de concreto armado.

- Pilares: São elementos lineares de eixo reto, dispostos na vertical, em que os principais esforços normais que sofrem são os de compressão. Tem a responsabilidade de apoiar às vigas e lajes e transmitir as cargas atuantes até as fundações. Os pilares são os elementos estruturais de maior importância nas estruturas, tanto do ponto de vista da capacidade resistente dos edifícios quanto no aspecto de segurança.
- Vigas: São elementos lineares basicamente dispostos na horizontal, onde o esforço predominante é o de flexão. A função das vigas é basicamente vencer vãos e transmitir as ações nelas atuantes para os apoios, geralmente os pilares.
- Lajes: Também chamadas de placas de concreto, estão sujeitas principalmente a ações normais a seu plano. De maneira geral, as lajes podem ser apoiadas nas vigas ou nas paredes de suas extremidades, em outras circunstâncias, ela pode ser apoiada diretamente sobre pilares. Alguns dos tipos mais comuns de lajes são: maciça apoiada nas bordas, nervurada, lisa e cogumelo.

Figura 12: Elementos básicos da estrutura de concreto armado



Fonte: Mac Gregor, 1988

Outro elemento é a alvenaria de vedação, que é executada, muitas vezes, por métodos ultrapassados, gerando desperdício e baixa produtividade. Algumas deficiências também aparecem em termos de fiscalização dos serviços, organização e padronização do processo de produção (SANTOS, 1998). Segundo Silva (2003), aproximar, cada vez mais, as atividades, dos profissionais de projeto, com os de execução, por meio de um aperfeiçoamento dos projetos para a produção de alvenarias de vedação, contribui para esta evolução tecnológica. Para o supracitado autor, sem dúvida, o concreto armado é o sistema mais utilizado no Brasil para a construção de prédios residenciais com alvenaria de vedação.

Figura 13: Modelo da estrutura de concreto armado convencional



Fonte: Arquivo Pessoal

Enfim, utilizando cimentos, aditivos, adições e fôrmas de aplicação, a engenharia possui vários campos e diversos tipos de ambientes para a aplicação do concreto. Talvez, nos dias atuais, a maior preocupação seja com a durabilidade e a recuperação das estruturas.

2.2.2 Principais constituintes do concreto armado

É importante, nas obras de concreto armado, analisar a qualidade dos

materiais empregados e o ambiente no qual serão expostos, já que grande parte dos defeitos que aparecem nas estruturas deve-se à falta de cuidado com estes requisitos. O surgimento de patologias pode estar relacionado com deficiências em seus componentes, dosagem ou má execuções, cura insuficiente, entre outros fatores. Levando em consideração os defeitos no concreto, essas acarretarão alterações em suas propriedades como: resistência mecânica, estabilidade dimensional e, especialmente, em sua durabilidade (VILASBOAS, 2004).

Para este trabalho, a abordagem dos componentes será superficial, objetivando apenas destacar os conceitos básicos necessários ao conhecimento do concreto. Nesse sentido, apresenta-se uma breve descrição dos principais elementos constituintes do concreto armado, que são: cimentos, agregados, água, aditivos e armadura.

2.2.2.1 Cimento

O Cimento Portland é obtido da moagem do clínquer, sendo empregadas no processo de fabricação as seguintes matérias-primas: calcário, argila e gesso. Tem função aglomerante, servindo para unir os outros componentes constituintes no concreto. Quando entra em contato com a água, tem a capacidade de juntar os agregados (areia e pedra) e depois forma um material sólido que é o concreto.

A produção 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 a Associação Brasileira de Cimento Portland (Boletim Técnico 106), o cimento deve ser estocado em local seco, coberto e fechado de modo a protegê-lo da chuva, bem como afastado do chão, do piso e das paredes externas ou úmidas, longe de tanques, torneiras e encanamentos, ou pelo menos separado deles. Recomenda-se iniciar a pilha de cimento sobre um tablado de madeira, montado a pelo menos 30 cm do chão ou do piso e não formar pilhas maiores do que 10 sacos.

2.2.2.2 Agregados

O conhecimento de algumas características dos agregados é importante para a dosagem dos concretos, são elas: massa específica, composição granulométrica e teor de umidade. Essas propriedades são decorrentes da microestrutura do material,

das condições prévias de exposição e do processo de fabricação. Os agregados devem estar isentos de substâncias prejudiciais, tais como argila, matéria orgânica, entre outros fatores que diminuam sua aderência à pasta de cimento ou que afetem as reações de pega e endurecimento do concreto (VILASBOAS, 2004).

Os agregados miúdos utilizados na produção de concretos são basicamente as areias naturais provenientes dos leitos dos rios e os agregados artificiais oriundos da britagem de rocha. A principal diferença entre estes dois agregados está no formato de seus grãos. (IBRACON, 2011). Na classificação quanto às dimensões dos tamanhos das pedras os agregados são chamados de miúdo, como as areias, e graúdo, como as pedras ou britas. Algumas peneiras são estabelecidas por norma para a classificação; nesse sentido, o agregado miúdo tem diâmetro máximo igual ou inferior a 4,8 mm e o agregado graúdo tem diâmetro máximo superior a 4,8 mm (BASTOS, 2006).

2.2.2.3 Água

Assim como a água para o consumo humano deve ser limpa e de boa qualidade, a água utilizada para o preparo do concreto também deve ter as mesmas características. Ela deve ser livre de impurezas, para não interferir na pega do cimento, para não comprometer a resistência do concreto, como também, para impedir a corrosão de armaduras. O emprego de águas não potáveis, e não recomendadas, no amassamento do concreto, pode criar problemas a curto e longo prazo. É fundamental que a água de cura esteja isenta de substâncias que ataquem o concreto endurecido (VILASBOAS, 2004).

O cimento por si só não aglomera os agregados, faz-se necessária uma reação entre seus componentes, conseguida com a adição da água à mistura. É de amplo conhecimento dos meios técnicos, e corriqueira no dia-a-dia as reações de hidratação do cimento. Logo a água entra em contato com o cimento e o concreto é adensado em suas fôrmas, iniciam-se as reações de hidratação do concreto (Revista Eletrônica Multidisciplinar – FACEAR).

2.2.2.4 Aditivos

Aditivos são substâncias adicionadas ao concreto, com a finalidade de reforçar, ou melhorar, certas características, inclusive facilitando seu preparo e

utilização. A seguir relaciona-se alguns casos de utilização de aditivos, que são:

- acréscimo de resistência;
- aumento da durabilidade;
- melhora na impermeabilidade;
- melhora na trabalhabilidade;
- possibilidade de retirada de formas em curto prazo;
- diminuição do calor de hidratação - retardamento ou aceleração da pega;
- diminuição da retração;
- aditivos plastificantes e superplastificantes;
- aditivos incorporadores de ar.

Diante da variedade de produtos vendidos como aditivos para concreto, cabe ao engenheiro civil escolher e ter conhecimento aprofundado do potencial de cada tipo, para decidir sobre a aplicação mais adequada, e com a qualidade desejada (SOUZA JUNIOR, 2003).

2.2.2.5 Armadura

A armadura é composta de barras de aço, também chamadas de ferro de construção ou vergalhões. Tais barras têm a propriedade de se integrar ao concreto e de apresentar elevada resistência à tração. Na armadura, os aços que compõem são amarrados uns aos outros com arame recozido. Outro detalhe é que a maioria dos aços possuem saliências na superfície (LISBOA, 2008).

As Normas Técnicas Brasileiras classificam os aços para concreto de acordo com a sua resistência e padronizam as bitolas. Existem 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 o aço (GERDAU, 2012).

Grande parte dos defeitos que aparecem na obra, provido de uma deficiente execução, deve-se à armação das peças e as falhas devido ao próprio concreto. É por causa de erros de execução, da fissuração, da corrosão da armadura e da destruição do concreto, que, na maioria das vezes, ocorre um efeito indesejável

sobre as condições resistentes dos elementos estruturais (VILASBOAS, 2004).

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), o cobrimento especificado para a armadura no projeto deve ser mantido por dispositivos adequados ou espaçadores. Cuidados especiais devem ser adotados no posicionamento das armaduras negativas, com o emprego de suportes rígidos e suficientemente espaçados, garantindo o seu posicionamento. Nos trechos em que existem aços de pequenas dimensões é necessário ter atenção no cobrimento da armadura.

Na Tabela 1 estão especificados os diâmetros e as seções transversais nominais que os aços devem ter para serem utilizados, conforme NBR 7480 (ABNT, 2007).

Tabela 1: Armaduras para concreto armado com as respectivas áreas de aço e massa Linear

Diâmetro nominal (DN)(mm)	Área (cm²)	Massa Nominal (Kg/m)
5,0	0,20	0,16
6,3	0,315	0,25
8,0	0,50	0,40
10,0	0,80	0,63
12,5	1,25	1,00
16,0	2,00	1,60
20,0	3,15	2,50
25,0	5,00	4,00

Fonte: Adaptado de NBR 7480 (2007)

2.2.3 Prós e contras do concreto armado

Segundo Clímaco (2008), Carvalho e Figueiredo Filho (2007), Fernandes e Silva Filho (2010), as vantagens e desvantagens do sistema convencional, em concreto armado são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 3: Vantagens e desvantagens do concreto armado convencional

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Economia nas construções pela possibilidade de obtenção de materiais nas proximidades da obra.	A armadura é essencial às estruturas de concreto armado e a existência de armaduras trabalhadas em grande quantidade acarreta um peso próprio muito grande, limitando seu uso, em determinadas situações, ou elevando bastante seu custo.
Possibilita a utilização de peças pré-moldadas, proporcionando maior rapidez e facilidade de execução, e de tecnologias avançadas para execução de fôrmas e escoramentos.	Fissuração inerente à baixa resistência à tração. A tendência à fissuração se inicia na moldagem das peças, pela retração do concreto, característica intrínseca à sua composição e persiste durante toda a vida útil da estrutura, pelas condições ambientais e de utilização, movimentação térmica, entre outros fatores.
É resistente a choques e vibrações, a efeitos térmicos como o fogo e como os atmosféricos, assim como a desgastes mecânicos.	O concreto não é um material inerte com o ambiente. As condições de agressividade ambiental vão determinar, em cada caso, a espessura da camada de concreto de cobrimento e proteção das armaduras.
A resistência à compressão do concreto aumenta com a idade, apresentando boa resistência à maioria das solicitações.	O uso de agentes aditivos para concreto, com diversas finalidades, deve ter acompanhamento técnico adequado.
Tem boa trabalhabilidade e, por isso, adaptasse as várias formas, podendo, assim, ser escolhida a mais conveniente do ponto de vista estrutural, dando maior liberdade à concepção arquitetônica.	Consumo elevado de fôrmas e a utilização de escoramento, com execução lenta, quando utilizados processos convencionais de montagem de fôrmas e concretagem. As normas técnicas determinam prazos mínimos para a retirada de fôrmas e respectivos escoramentos, para as diferentes peças estruturais alcançarem resistência adequada.
Nesse tipo de concreto não há problemas de execução de vãos, arcos, balanços, marquises, que podem ser executadas com vigas e lajes engastadas nas vigas.	No concreto armado, por causa da execução da estrutura e do fechamento com alvenaria de vedação, existem irregularidades nos encontros, o que exige uma regularização da parede interna por meio do chapisco e emboço, que muitas vezes são de grande espessura, encarecendo a obra, para depois ser feito o revestimento final com massa fina, massa corrida ou gesso.

Continuação Quadro 3

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<p>Permite obter estruturas monolíticas, pois, existe aderência entre o concreto já endurecido e o que é lançado posteriormente, facilitando a transmissão de esforços.</p>	<p>Peso próprio elevado, massa específica 2.500kgf/m³. Podem ser obtidos concretos leves, com a substituição da brita comum, por agregados leves, como, a argila expandida. A redução da massa específica pode ser significativa, chegando para o concreto estrutural ao valor de até 1.600kg/m³, sendo estruturalmente viável. No entanto, esses agregados resultam em aumento de custos, para o emprego em obras convencionais, além de ser necessário avaliar melhor os aspectos da durabilidade, pois esses concretos tendem a ser, também, mais porosos.</p>
<p>As técnicas de execução são razoavelmente dominadas em todo o país, tendo disponibilidade de mão-de-obra.</p>	<p>As estruturas de concreto armado exigem mão-de-obra muito especializada, sendo elas: pedreiro, carpinteiro, electricista, encanador, armador, apontador, além de serventes e ajudantes.</p>
<p>Os custos de manutenção das estruturas de concreto são baixos.</p>	<p>É bom condutor de calor e som, exigindo, em casos específicos, associação com outros materiais para sanar esses problemas.</p>
<p>No concreto armado há condições de executar os ambientes sem se preocupar com as dimensões. Há maior facilidade na personalização dos projetos arquitetônicos, pois não é necessária a modulação em função dos blocos estruturais.</p>	<p>Nos prédio de concreto armado as paredes desenvolvem apenas a função de vedação, carregando, assim, a estrutura reticulada com seu peso próprio.</p>
	<p>Dificuldade em adaptações posteriores. Alterações significativas na edificação exigem revisão de projeto estrutural, o que implica, muitas vezes, na necessidade de reforço da estrutura.</p>

Fonte: Adaptado de Clímaco (2008), Carvalho e Figueiredo Filho (2007), Fernandes e Silva Filho (2010)

Além das informações apresentadas no Quadro 4, observa-se que a madeira utilizada nas formas das estruturas convencionais de concreto armado e que a execução da parede de vedação com tijolos ou blocos de dimensões pouco precisas e de baixa resistência geram uma quantidade de entulho e, conseqüentemente,

desperdícios de material para a obra.

Para a execução das instalações elétricas e hidráulicas é necessário fazer “rasgos” nas paredes para embutir as tubulações, a parede de bloco cerâmico ainda exige maior mão de obra, pois precisa de acabamentos como reboco para que, depois, possa ser executado o acabamento.

2.2.4 Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI)

O Orçamento de uma determinada obra é a quantificação dos materiais, da mão de obra, dos equipamentos necessários à sua execução, bem como os respectivos custos. 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).

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) possibilita custos de serviços para obras de engenharia para todos os Estados brasileiros, a partir da coleta de preços efetuada nacionalmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o extenso banco de insumos da construção civil do sistema de materiais, mão de obra e equipamentos (PINHEIRO JUNIOR; NEVES, 2002).

O SINAPI está bastante ampliado quanto à quantidade e à qualidade de informações sobre os custos da construção de projetos de residências unifamiliares e multifamiliares, abrangendo casas de diversos padrões inclusive obras habitacionais de baixa renda. O SINAPI 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).

No final, os custos unitários dos projetos padrões dos dois sistemas construtivos são confrontados e são analisados utilizando os custos unitários do sistema.

3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DE PESQUISA

3.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins

Segundo Vergara (2005), existe vários tipos de pesquisa, com diferentes taxionomias. No entanto, a autora propõe dois critérios básicos, sendo eles: quanto aos fins e quanto aos meios.

Quanto aos fins, uma pesquisa pode ser exploratória, descritiva, explicativa, metodológica, aplicada e intervencionista. Segundo a autora, a investigação exploratória é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Por sua natureza de sondagem, não comporta hipóteses. Já a pesquisa descritiva expõe características de determinadas populações ou de determinado fenômeno. Embora não tenha o compromisso de explicar o que descreve, levanta informações sobre situações específicas e relacionadas de forma a proporcionar a visualização de uma totalidade (GIL, 1991).

Trata-se de uma pesquisa pura e explicativa de natureza quantitativa na área de processos construtivos, pois visa quantificar os materiais, serviços e custos entre alvenaria estrutural e alvenaria convencional para a construção de um imóvel de residência unifamiliar na cidade de Teófilo Otoni - MG, localizado na região sudeste do estado, com população estimada de 140.235 habitantes (IBGE, 2018) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,701.

3.2 Classificação quanto aos meios

É uma pesquisa bibliográfica em que sua finalidade é de corroborar à sociedade acerca de um método construtivo alternativo comparando os tipos de estrutura e acabamento de uma residência unifamiliar para justificar a utilização de um método construtivo que apresente qualidades desejáveis de produção e economia.

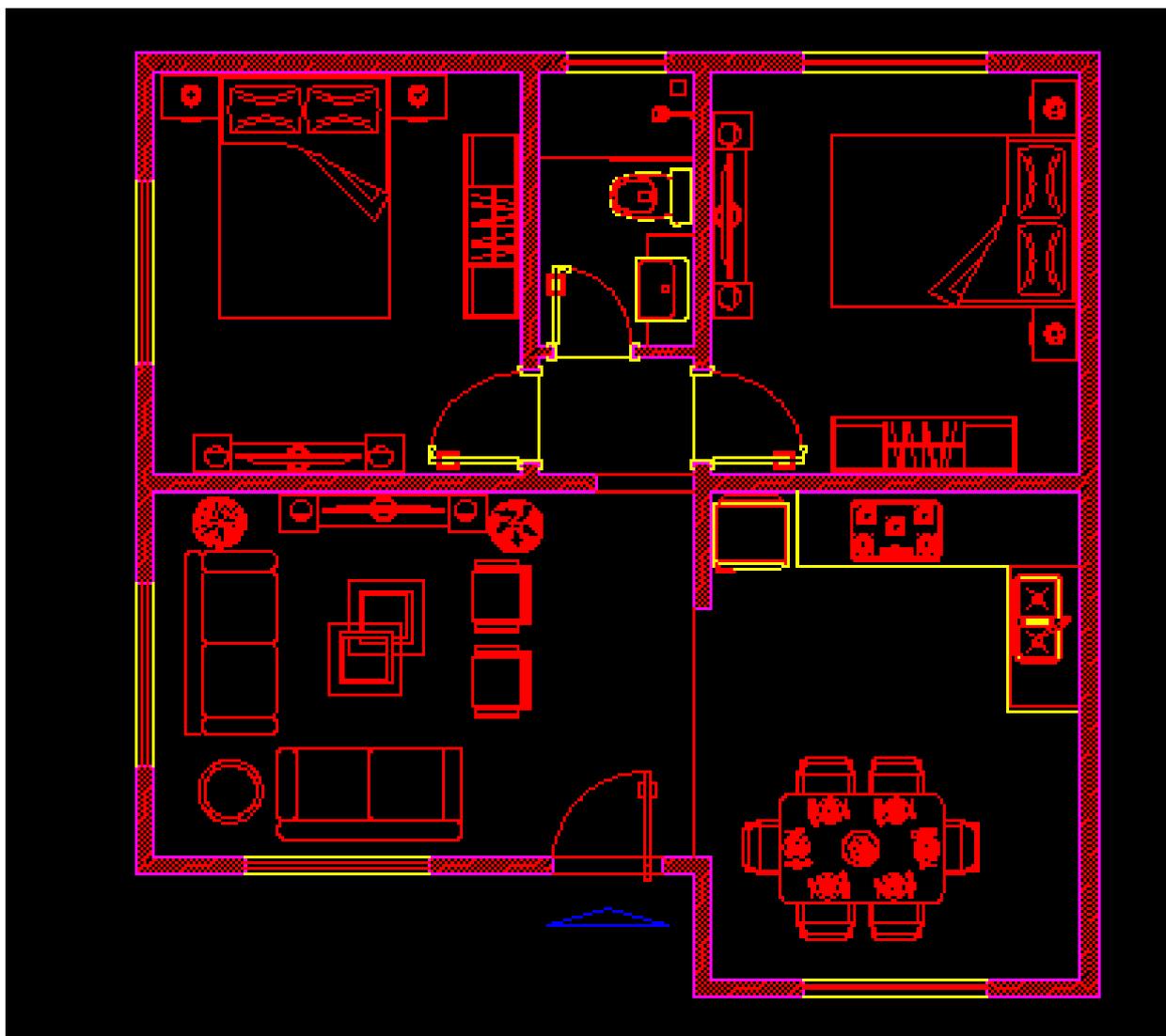
A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem, porém pesquisas científicas que se baseiam

unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta (FONSECA, 2002, p. 32).

3.2.1 Projeto base

O projeto arquitetônico foi elaborado pelos próprios autores através do software AUTOCAD®, e utilizado em ambos os sistemas construtivos. A planta baixa de imóvel conta com área equivalente a 132m², sendo 2 quartos, banheiro, sala conjugada com a cozinha, conforme Figura 14.

Figura 14: Planta baixa para Alvenaria Estrutural e Alvenaria Convencional



Fonte: Projeto da própria pesquisa

3.2.2 Projetos complementares

Na construção do projeto de instalação elétrica também foi utilizado o software AUTOCAD®. Foram inseridos os pontos de tomadas, iluminação, interruptores e QDC (quadro de distribuição cargas).

Para a realização do projeto de instalação hidráulica foi utilizado o software CAD/HIDRO® versão 2014. A planta baixa da construção foi elaborada de forma a manter os pontos de utilização de água próximos para que a tubulação não percorra por trajetórias muito longas e o posicionamento da caixa d'água foi definido em cima da laje do banheiro, pois a própria estrutura atua como um reforço que suporta o peso solicitado.

3.2.3 Projeto estrutural

Para o cálculo estrutural em concreto armado foi utilizado o programa EBERICK® da plataforma AUTOQI®, e para a alvenaria estrutural utilizou-se o CYPECAD®, ambos com a finalidade de obtenção do dimensionamento estrutural para os dois sistemas construtivos. As cargas atuantes na estrutura seguem critérios estabelecidos pela ABNT - NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, onde contempla as cargas e sobrecargas que devem ser adotadas de acordo com o material e tipo de edificação. Foi declarado uma carga acidental de 1,5 kN/m² para o piso e 0,5 kN/m² para a cobertura de ambos os sistemas. Para a sobre carga foi adotado carregamento de 1,3 kN/m² referente a cobrimento, revestimento e assentamento de piso cerâmico. O concreto adotado apresenta característica de resistência à compressão 20MPa.

No projeto estrutural em concreto armado, foram consideradas fundações do tipo sapata, com profundidade de assentamento de 1,5m em camada declarada de argila semi dura com resistência característica do solo de 1,5 Kgf/cm².

Para a alvenaria estrutural foram consideradas fundações do tipo sapata corrida, com profundidade de 0,30m também em camada de argila semi dura com resistência característica do solo de 1,5 kgf/cm². As vigas foram consideradas engastadas em suas extremidades. Para as lajes foram adotadas vigotas treliça das armadas da direção do menor vão e consideradas totalmente engastadas nas vigas.

No Projeto Estrutural de Alvenaria Estrutural, foram adotados blocos de

concreto classe C, com função estrutural e resistência $\geq 3,0$ MPa, e modulação blocos da família 39, onde a dimensão é 14x19x39cm, considerando as juntas de assentamento de 1cm com resistência à compressão de 5 MPa.

Para a alvenaria estrutural os pontos de grauteamento foram definidos de acordo com o cálculo. A resistência à compressão considerada para o graute foi de 20 MPa. As barras de aço foram posicionadas com disposição vertical nos pontos de grauteamento onde houve a necessidade de reforço estrutural.

3.2.4 Elaboração da planilha

A Planilha Orçamentária em Concreto Armado e em Alvenaria Estrutural foram feitas no EXCEL® utilizando as composições do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) atualizada em setembro de 2018, com os quantitativos obtidos através da memória de cálculo de seus respectivos sistemas e ainda com o auxílio da Tabela de Aço.

Foi adotada a composição de custos da SINAPI - MG por possuir uma vasta lista de materiais, mão de obra, equipamentos e custos utilizados em composição de serviços mais frequentes na construção civil. Já que o trabalho possui finalidade apenas de comparação e não o preço de venda, foi utilizada a tabela desonerada sem o acréscimo do BDI, descrevendo a maior quantidade de serviços previstos para que os custos indiretos não fossem diluídos aos custos listados.

A composição da SINAPI é compartilhada entre a Caixa Econômica Federal (CAIXA) e IBGE. A CAIXA é responsável pela base técnica de engenharia com as especificações de insumos, composições de serviços e pelo processamento de dados enquanto que o IBGE fica responsável pela pesquisa mensal com valores medianos ou quando as informações do custo não são suficientes o preço do insumo é atribuído.

3.3 Tratamento de dados

A planilha orçamentária foi construída em ordem cronológica de execução dos serviços. Paralelo à elaboração, foram observadas as leituras necessárias ao entendimento dos projetos de execução e detalhamento gerados pelos softwares acima citados. Comparou-se os critérios de execução de cada etapa que

diferenciam os métodos construtivos, a porcentagem de custo do serviço dentro do custo global e o custo dos itens mais relevantes em cada etapa de serviços, de onde foram extraídos os resultados para iniciar as discussões do trabalho.

A partir do estudo e determinação das planilhas quantitativas dos sistemas construtivos de alvenaria estrutural e concreto armado convencional, foi possível realizar-se a comparação entre os dois sistemas construtivos estudados em relação ao custo de uma obra na hora de construir.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo proposto foi de uma residência unifamiliar, considerando o levantamento dos quantitativos e custos das composições e mão de obra nas etapas de infraestrutura, supraestrutura e alvenaria, que se diferenciam nos métodos Alvenaria Estrutural e Concreto Armado Convencional.

4.1 Apresentação do projeto residencial em análise

Trata-se de uma simulação de um projeto para uma residência unifamiliar utilizada como base para este estudo comparativo na cidade de Teófilo Otoni.

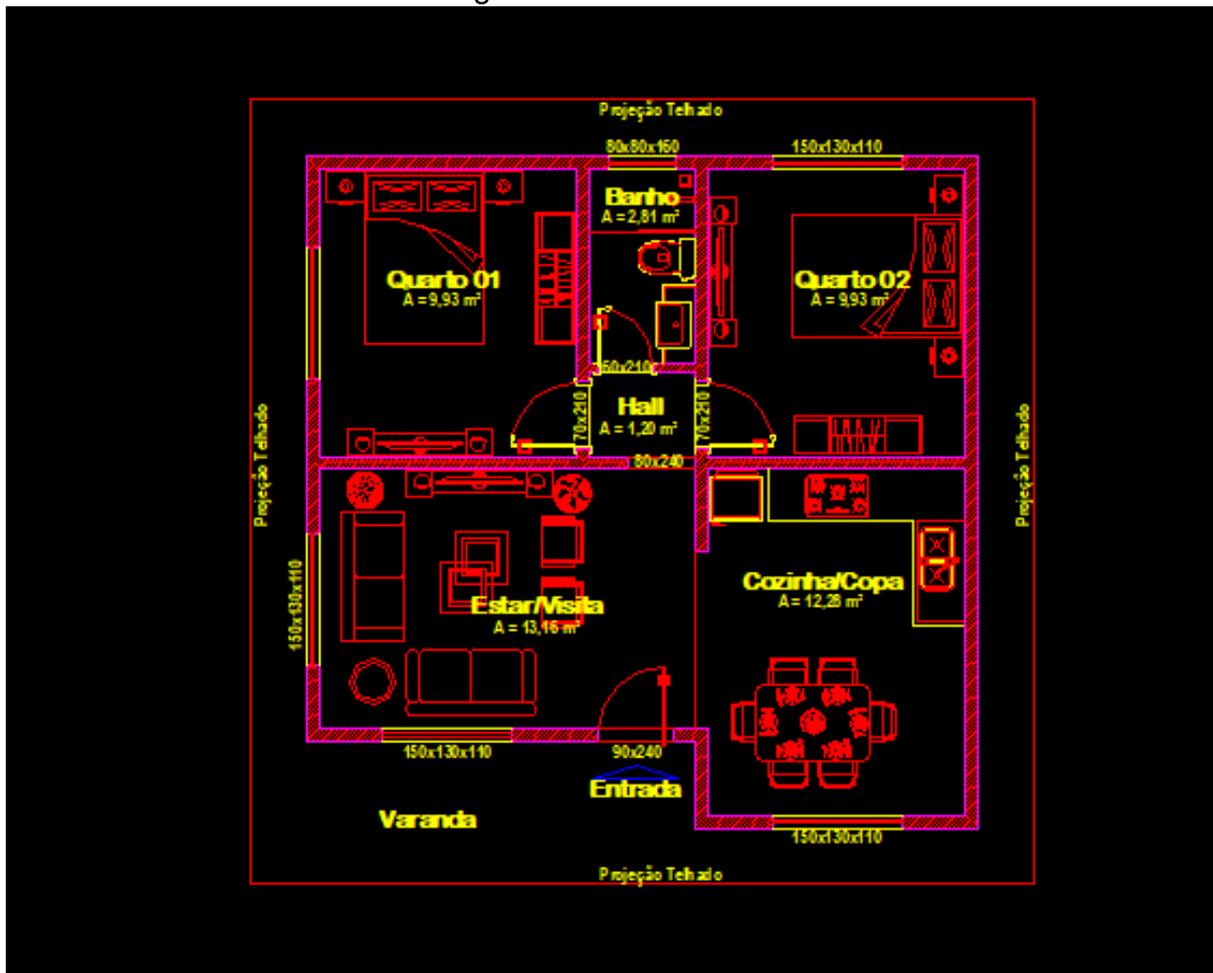
A residência é composta por dois quartos com 9,93 m² (de área) cada, um banheiro com 2,81m², hall de 1,20 m², sala de visita com 13,43m², cozinha e copa conjugadas com 12,28 m², conforme as figuras 15 e 16.

Figura 15: Perspectiva da fachada



Fonte: Projeto da própria pesquisa (2018)

Figura 16: Planta Baixa



Fonte: Projeto da própria pesquisa (2018)

4.2 Levantamento de custos entre os dois sistemas estruturais

Nos itens a seguir, serão apresentados os resultados dos levantamentos dos quantitativos das composições necessários para a execução do projeto de uma casa unifamiliar através dos sistemas construtivos estudados, juntamente com os referidos preços. Para levantamento dos custos da obra entre os dois sistemas estruturais, desconsiderou-se alguns itens que não possuem grande variação entre as duas estruturas: lajes, reboco, revestimentos, instalações elétricas, hidráulicas, esquadrias e coberturas, pois foram considerados equivalentes para os dois sistemas estruturais, não influenciando no orçamento final da obra.

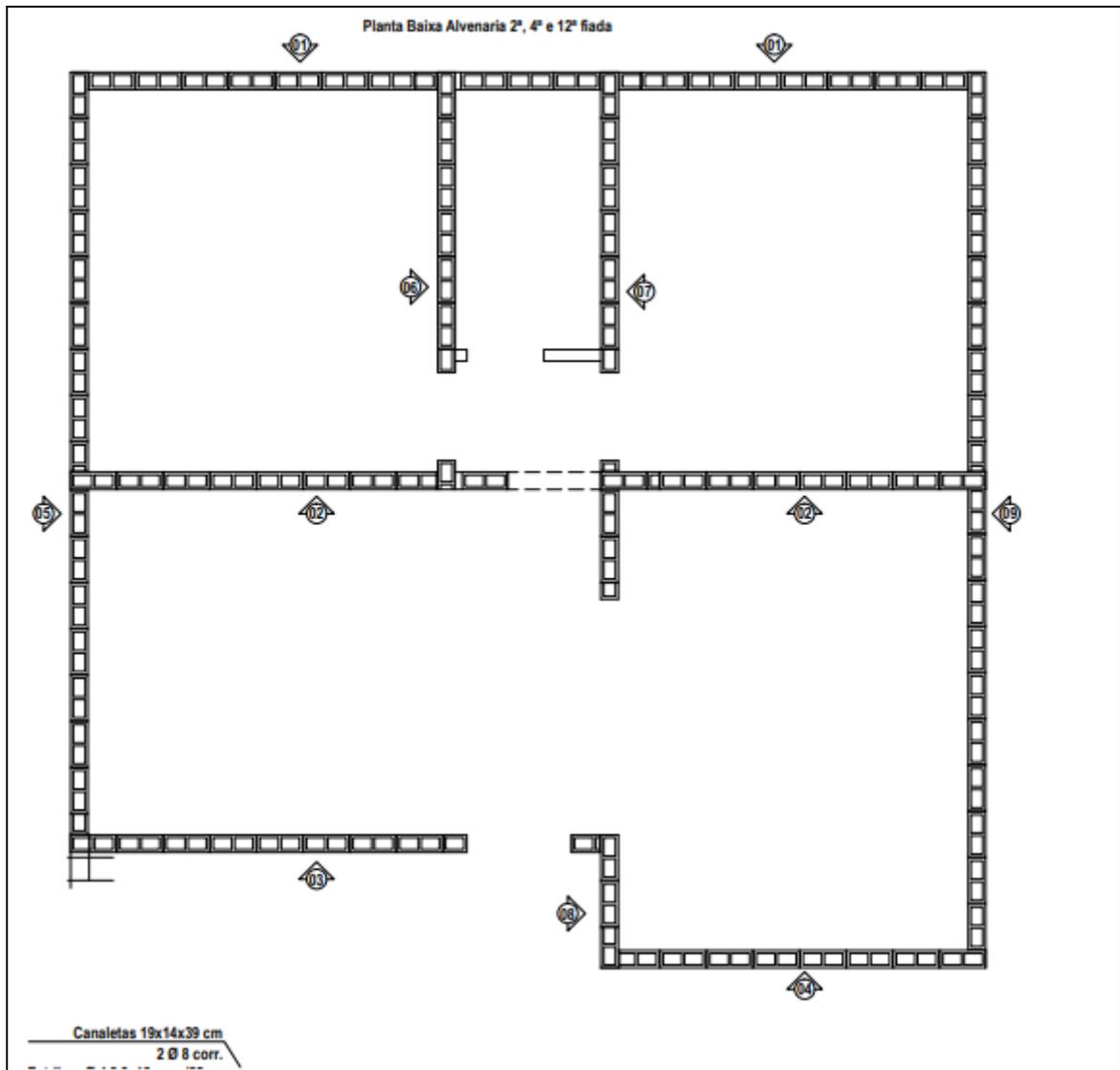
A seguir estão apresentados os quantitativos e os custos para a execução de cada sistema construtivo.

4.2.1 Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural

O projeto utilizado para a realização do estudo serviu de base para elaboração da planilha orçamentária do sistema construtivo em alvenaria estrutural, e então levantados os quantitativos a partir dos projetos específicos.

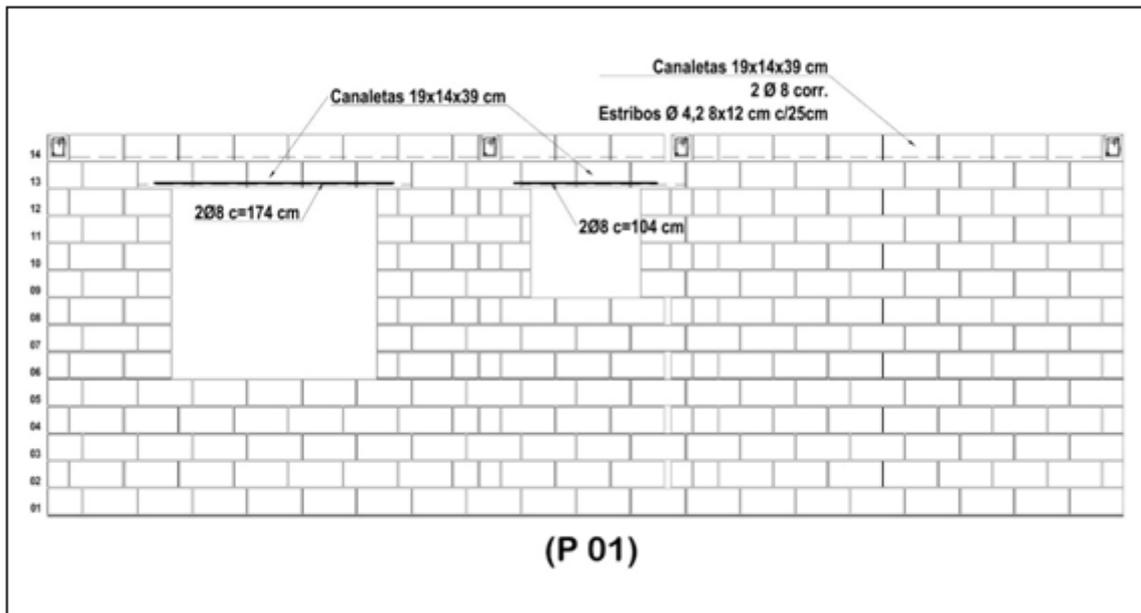
Para a execução desse sistema construtivo, foram analisados os quantitativos e custos referentes à planta baixa. As Figuras 17 e 18 apresentam as fiadas de blocos cerâmicos do projeto estrutural e a elevação das paredes.

Figura 17: Planta baixa das primeiras fiadas de blocos cerâmicos



Fonte: Projeto da própria pesquisa (2018)

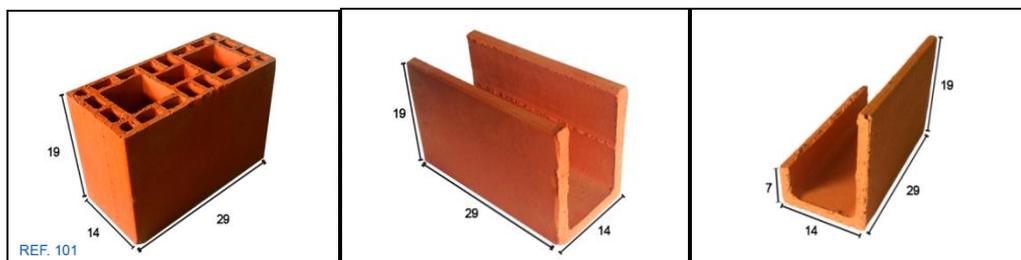
Figura 18: Elevação das paredes no projeto estrutural



Fonte: Projeto da própria pesquisa (2018)

A partir dos projetos de alvenaria estrutural, foi possível levantar os custos dos quantitativos para esse sistema, obteve-se uma quantidade de 120,00 m² de alvenaria, composta por blocos cerâmicos estruturais de dimensões 14x19x29 cm. Foram orçados também os blocos canaleta "J" alta com dimensões 14(15x19)30 cm necessários para as contra-vergas, bloco canaleta "U" alta de dimensões 14x19x30cm utilizados para as vergas de portas e janelas. Para executar as vigas de amarração das paredes, foram utilizados blocos canaleta "J" baixo de dimensões 14(7x19)30cm, sendo que os vãos de janelas e portas no total de 15,58 m² já foram descontados.

Figura 19: Tijolos utilizados para a construção em Alvenaria Estrutural



Fonte: Arquivo pessoal

A quantidade de graute para atender o projeto foi de 7,5 m³, distribuído nas canaletas que se encontram nas últimas fiadas das paredes e nas vergas e contra vergas, onde foram utilizadas armaduras de diâmetro 8.0 mm, já as armaduras das

canaletas foram de diâmetro 10.0mm e os estribos de diâmetro 4.2mm com espaçamento de 25 cm.

Foram gastos 72 m² de laje para o projeto sendo essas compostas por vigotas de aço e EPS, com espessura total de 12 cm, sendo 5cm de concreto de capeamento com uma armadura negativa de 4,2 mm a cada 15cm.

Os preços para os blocos estruturais incluindo os blocos especiais como o de canaletas de dimensões variadas como não consta nas tabelas das composições do SINAPI- MG.

Figura 20: Planilha orçamentária Alvenaria Estrutural (SUPRAESTRUTURA)

SERVIÇO: CONSTRUÇÃO DE CASA UNIFAMILIAR EM ALVENARIA ESTRUTURAL						
Data base: SINAPI SETEMBRO/2018			Valor do orçamento:			R\$ 46.827,13
ITEM	COD.	SERVIÇOS PRELIMINARES	UNID.	QNT.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO ESTIMADO
2,1		SUPRAESTRUTURA				R\$ 10.928,20
02.10	96995	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 8,0 MM.	kg	60,00	R\$ 7,44	R\$ 446,40
03.01	89996	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL.	m ²	3,00	R\$ 500,98	R\$ 1.502,94
03.02	92792	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES.	kg	52,00	R\$ 6,23	R\$ 323,96
03.03	92792	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL.	m ²	1,08	R\$ 500,98	R\$ 541,06
03.04	89993	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 8,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES.	kg	25,00	R\$ 4,57	R\$ 114,25
03.06	89993	ARMAÇÃO DE VERGA E CONTRAVERGA DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 8,0 MM.	Kg	8,00	R\$ 8,45	R\$ 67,60
03.07	89999	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES.	kg	5,00	R\$ 5,58	R\$ 27,90
03.08	92791	GRAUTEAMENTO DE CINTA INTERMEDIÁRIA OU DE CONTRAVERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL.	m ²	0,35	R\$ 414,94	R\$ 145,06
03.09	89994	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES.	m ²	32,00	R\$ 5,15	R\$ 164,80
03.10	92792	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES.	m ²	5,00	R\$ 5,58	R\$ 27,90
03.11	92791	CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L.	m ³	3,00	R\$ 242,11	R\$ 726,33
03.12	94964	LAJE PRE-MOLD BETA 11 P/1KN/M2 VAOS 4,40M/INCL VIGOTAS TIJOLOS ARMADURA NEGATIVA. CAPEAMENTO 3CM CONCRETO 20MPA. ESCORAMENTO MATERIAL E MAO DE OBRA.	m ²	72,00	R\$ 95,00	R\$ 6.840,00

Fonte: Elaboração do autor (2018)

Nas figuras 21 e 22, apresentam-se as imagens frontal e lateral da construção executada com o modelo estrutural.

Figura 21: Vista Frontal da construção em Alvenaria Estrutural



Fonte: Projeto da própria pesquisa (2018)

Figura 22: Vista lateral da construção em Alvenaria Estrutural



Fonte: Projeto da própria pesquisa (2018)

A partir do levantamento dos quantitativos e custos obtidos de cada serviço, foi possível calcular o custo total para a superestrutura e paredes do sistema de alvenaria estrutural.

4.2.2 Sistema construtivo de concreto armado convencional

Para o comparativo ser possível entre as duas estruturas, através do projeto estudado pelo sistema de alvenaria estrutural, foi elaborado o mesmo projeto pelo sistema construtivo em concreto armado convencional. O programa utilizado para tal atividade foi o software Eberick V9, juntamente com as orientações da NBR 6118 (ABNT, 2003) com a intenção de obter dados precisos.

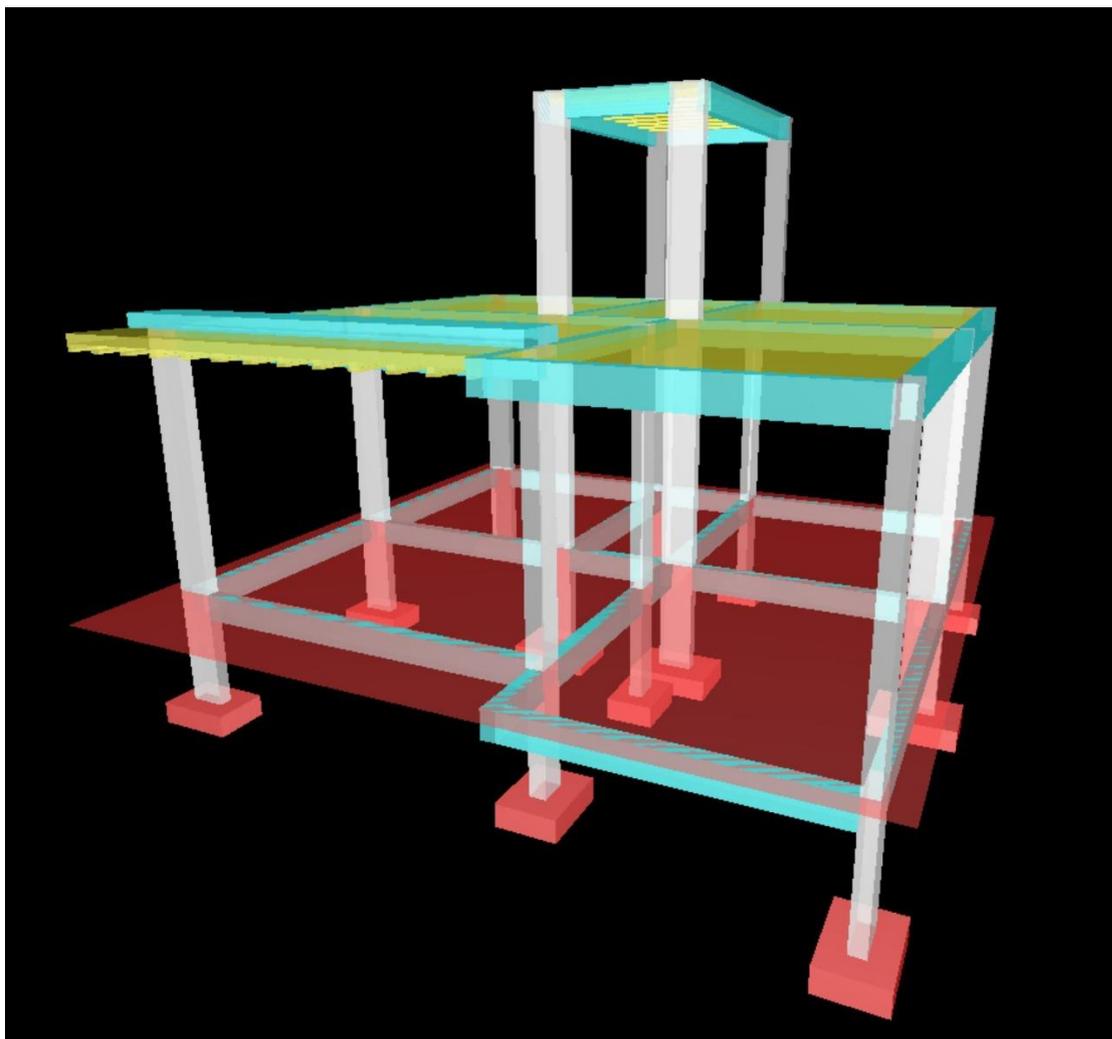
Ao iniciar o dimensionamento foi analisada as ações de cargas que atuam na estrutura, como o peso próprio da estrutura, no caso respeito às lajes, vigas, paredes, reservatório e também como as cargas acidentais referentes à classe da edificação, com base na NBR 6120 (ABNT, 1980) e por último inseridas as ações do vento na estruturas, calculas pela NBR 6123 (ABNT, 1988)

Apesar de ser uma casa tipo térrea, foram inseridas as ações do vento, não só por recomendação normativa, mas também pela influência que terá no deslocamento horizontal da fundação.

Sabendo- se que a NBR 6118 (ABNT2003) 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 e foi adotado para o concreto um fck de 25 MPa, assim considerando uma resistência apropriada em relação a estrutura.

Na sequência, para o sistema construtivo de concreto armado convencional 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.

Figura 23: 3D do projeto estrutural em Concreto Armado



Fonte: Projeto da própria pesquisa (2018)

O volume total de fôrmas para esse projeto foi de 130,8 m², já que diferentemente do modelo em Alvenaria Estrutural, o concreto armado conta com uma quantidade grande de ferragens, o que traz um gasto muito grande com madeiras para a construção das formas para modelagem dos pilares.

Com o levantamento dos quantitativos e custos obtidos de cada composição, foi possível concretizar o custo total para a superestrutura do sistema de concreto armado convencional, exposto na figura 24.

Figura 24: Custo da superestrutura e paredes para o sistema de Concreto Armado - Setembro/2018.

SERVIÇO: CONSTRUÇÃO DE CASA UNIFAMILIAR EM CONCRETO ARMADO							
Data base: SINAPI SETEMBRO/2018				Valor do orçamento: R\$ 79.876,34			
ITEM	COD.	SERVIÇOS PRELIMINARES	UNID.	QNT.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO ESTIMADO	
03.		SUPRAESTRUTURA				R\$ 27.891,65	
03.01	92412	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MENOR OU IGUAL 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES.	m²	160,26	R\$ 74,75	R\$ 11.979,44	
03.02	92778	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10.0 MM - MONTAGEM.	kg	115,00	R\$ 7,90	R\$ 908,50	
03.03	92792	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6.3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES.	Kg	86,30	R\$ 6,68	R\$ 576,48	
03.04	94964	CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L.	m³	8,71	R\$ 266,23	R\$ 2.318,86	
03.05	92778	ARMAÇÃO DE VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10.0 MM - MONTAGEM	kg	236,50	R\$ 7,90	R\$ 1.868,35	
03.06	92779	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12.5 MM - MONTAGEM.	Kg	60,60	R\$ 6,93	R\$ 419,96	
03.07	92776	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6.3 MM- MONTAGEM.	Kg	60,00	R\$ 10,26	R\$ 615,60	
03.09	94964	CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L.	m³	8,71	R\$ 266,23	R\$ 2.318,86	
03.10	74141	LAJE PRE-MOLD BETA VIGOTAS TJOLOS ARMADURA NEGATIVA CAPEAMENTO 4CM CONCRETO 20MPA ESCORAMENTO MATERIAL E MAO DE OBRA.	m²	72,48	R\$ 95,00	R\$ 6.885,60	

Fonte: Elaboração do autor (2018)

4.3 Comparativo de custo entre as estruturas

O custo dos materiais e mão de obra inseridos em cada item foram obtidos pelas tabelas do SINAPI - MG para o mês de setembro de 2018, sem o acréscimo da porcentagem de BDI. Com isso, obteve-se os valores globais para a estrutura em alvenaria estrutural e para a estrutura em concreto armado convencional, conforme Quadro 5

Tabela 2: Comparativo entre principais custos entre as alvenarias

COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE AS ESTRUTURAS		
Composição (material / mão de obra)	Alvenaria estrutural (R\$)	Concreto armado convencional (R\$)
Bloco Cerâmico / Argamassa de Assentamento	25.856,40	24.011,75
Aço	10.201,87	18.983,17
Fôrmas	–	11.874,69
Grout / Concreto	3.654,63	4.522,00
TOTAL	39.712,90	59.391,61

.Fonte: Elaboração do autor (2018)

Considerando que a superestrutura é o item que mais influencia no orçamento final da obra, pode-se observar os custos dos dois sistemas.

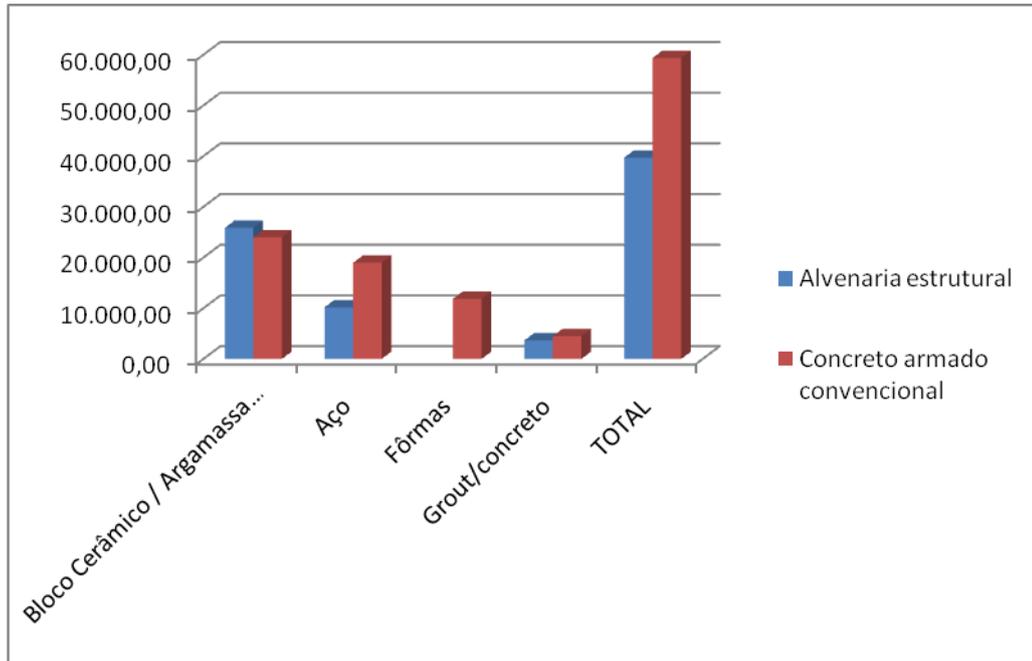
- Para a alvenaria estrutural, o custo da execução resultou em R\$39.712,90 sendo que a maior participação desse valor encontra-se nos blocos cerâmicos, correspondendo a aproximadamente 55% deste total, sendo o componente principal da estrutura.
- Já no concreto armado o valor global total da estrutura foi de R\$59.391,61, correspondente a 41,5% de alvenaria de tijolo cerâmico com argamassa de assentamento, o concreto com 7,61% e o aço com uma porcentagem de 32,8%, sendo este, a maior composição para esse sistema caso fosse desconsiderado a argamassa de assentamento para o tijolo cerâmico. Para os dois casos, a laje não está sendo considerada, pois ambas são iguais em formato pré-moldada, envolvendo a mesma quantidade de materiais.

No Gráfico 1 está apresentada a comparação para cada composição, referente aos dois sistemas estudados.

Através do gráfico, pode-se perceber que apesar do bloco de alvenaria estrutural ser bem mais caro que o bloco de vedação, a estrutura do concreto

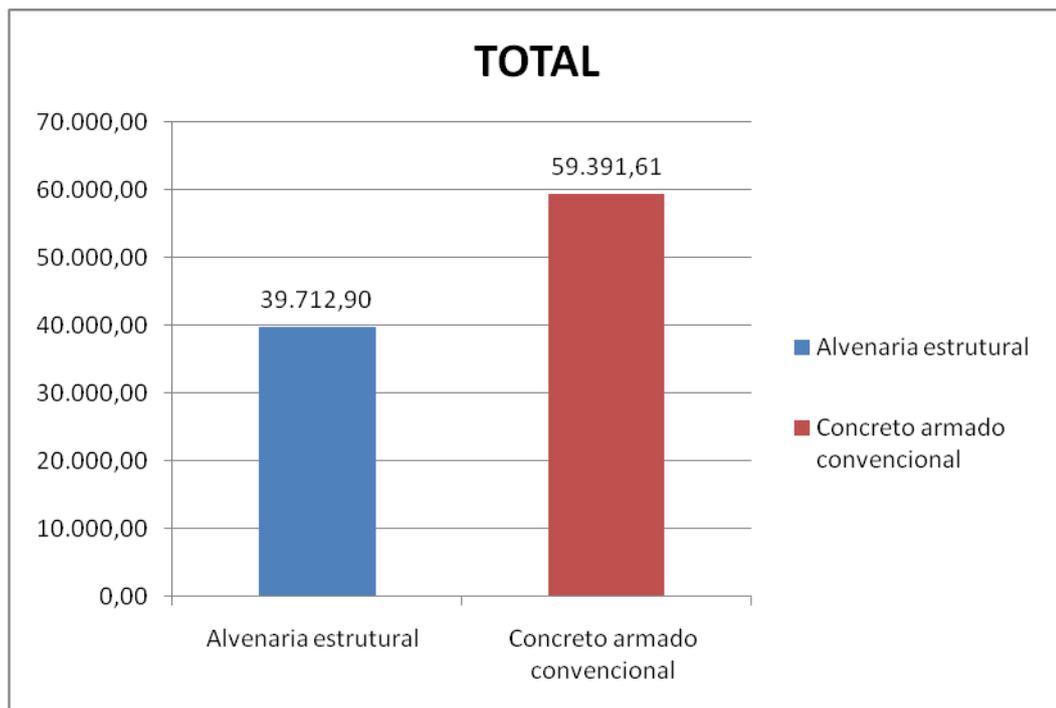
armado composta pelo item viga e pilar aumentam consideravelmente o valor final da estrutura, sendo a alvenaria estrutural mais viável em termos de custo. Já no Gráfico 2, ilustra o custo global para cada sistema estrutural.

Gráfico 1: Comparativo das composições consideradas



Fonte: Elaboração do autor

Gráfico 2: Custo global da estrutura em Alvenaria Estrutural e Concreto Armado



Fonte: Elaboração do autor

Como é possível observar, a diferença de valores encontrada entre um sistema e outro é de R\$19.678,71 (33,1% de economia), está de acordo com a pesquisa realizada por Kageyama; Kishi; Meirelles (2009) o qual considerou itens como fundações e projeto arquitetônico, apontando que é possível no final do orçamento global obter uma vantagem de 10% a 30% do sistema de alvenaria estrutural em relação ao concreto armado convencional.

Com esses resultados, confirma-se a teoria de Ramalho e Correa (2003) de substituir pilares e vigas por paredes estruturais, tendo uma economia com o uso da alvenaria estrutural.

Em regiões mais desenvolvidas dos estados, onde a procura por moradia é muito maior, são executados condomínios com um número alto de habitações. Esta diferença encontrada entre um sistema e outro é equivalente a diversos itens importantes da obra, conseguindo, deste modo um maior rendimento com a aplicação do sistema de alvenaria estrutural.

Outro item a ser levado em consideração é o valor dos materiais, sendo que o mesmo tem aumentado nos últimos tempos pelo aumento da procura, principalmente itens como a armadura que têm bastante influencia no custo da estrutura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da finalização desse estudo buscou-se comparar os dois sistemas construtivos mais empregados até o dia de hoje e constatar qual oferece o menor custo final. Com o levantamento de quantitativos das composições e os preços obtidos através da tabela SINAPI/MG, foi possível montar as planilhas e obter-se o comparativo dos dois sistemas.

Pode-se demonstrar que uma residência unifamiliar simples e com a arquitetura característica, apresenta diferenças significativas quando construída pelo sistema de alvenaria estrutural, obtendo um ganho no custo global da estrutura, em relação, a edificação construída pelo sistema de concreto armado convencional.

Logo, o consumo de fôrmas, aço e concreto somam muito mais no custo final de um edifício. Analisando condições estudadas, concluiu-se, que os resultados comprovam a eficácia do sistema construtivo em alvenaria estrutural em relação ao sistema de concreto armado nos aspectos de custo, desperdício de materiais, racionalização e velocidade na execução. Com isso, é viável a construção de habitações de interesse social a partir desse sistema, tornando a edificação mais acessível às pessoas que possuem uma renda mais baixa.

Fatores como estes, são muito bem aceitos no mercado imobiliário que está cada vez mais concorrente. Hoje em dia, o preço de venda de um imóvel está muito mais influenciado pela capacidade financeira dos compradores, do que pela porcentagem sobre o custo da obra, portanto, a construção precisa ser o mais econômica possível.

Entretanto, é importante lembrar que nem sempre a alvenaria estrutural será a melhor opção a se escolher na hora de construir, como citado no Referencial Teórico, o sistema está limitado ao número de pavimentos por questões econômicas que não satisfazem mais quando comparadas com as de concreto armado. Deste modo, a estrutura de concreto armado convencional além de possuir uma demanda de mão de obra muito maior, atende as limitações do número de pavimentos que o sistema de alvenaria estrutural não preenche.

Com a falta de conhecimento dos profissionais da construção civil e diante das vantagens obtidas, percebe-se a necessidade de buscar meios de divulgação e treinamento deste método construtivo, afim de obter maior conhecimento sobre o sistema. Com um maior entendimento e mão de obra especializada, é possível

diminuir os custos finais e eventuais patologias que possam surgir pelo fato de pouca experiência na execução. Melhorar a qualidade de produção desses sistemas construtivos é fundamental para favorecer tanto construtores como consumidores.

Logo, que cada vez mais acadêmicos e profissionais da área de construção civil se interessem por estudos nesta área, verificando a viabilidade da aplicação em edifícios maiores e com outros modelos de arquitetura visando especificamente o custo final da estrutura.

REFERÊNCIAS

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: 22 set. 2018.

ALEXANDRE, I. F. *Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural: uma análise da relação de causa e efeito*. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17357/000714642.pdf?sequence=1>>. Acesso em 13 setembro 2018.

ARCARI, A. *Alvenaria estrutural e estruturas apertadas 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 19 set. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. *Boletim Técnico 106: Guia básico de utilização do cimento Portland*. São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/wpcontent/uploads/2016/05/BT106_2003.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018

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

_____. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão*. Rio de Janeiro, 2004.

_____. *NBR 5626: Instalação predial de água fria*. Rio de Janeiro, 1998.

_____. *NBR 6120: Carga para o cálculo de estruturas de edificações*. Rio de Janeiro, 1980.

_____. *NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação*. Rio de Janeiro, 2007.

_____. *NBR 14931: Execução de estruturas de concreto: procedimento*. Rio de Janeiro, 2004.

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: 13 set. 2018.

CAMACHO, J. S. *Projeto de edifícios de alvenaria estrutural*. São Paulo, 2006, 48 p. Apostila. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<http://www.nepae.feis.unesp.br/Apostilas/Projeto%20de%20edificios%20de%20alvenaria%20estrutural.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2018.

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: 25 de set. 2018.

CARDOSO, L. R. A. et al. Prospecção de futuro e método Delphi: uma aplicação a cadeia produtiva da construção habitacional. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 63-78, jul./set. 2005.

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

FABRO, F.; GAVA, G. P.; GRIGOLI, H. B. and MENEGHETTI, L. C. *Influência da forma dos agregados miúdos nas propriedades do concreto*. *Rev. IBRACON Estrut. Mater.* [online]. 2011, vol.4, n.2, pp.191-212. ISSN 1983-4195. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-41952011000200004>.

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 22 setembro 2018.

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: 08 set. 2018.

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: 06 set. 2018.

FONSECA, J. J. S. (2002). Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC. [Apostila.]

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: 08 set. 2018.

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

HELENE, P. *Vida útil de 106 anos! Muito bem vividos*. São Paulo: IBRACON, 2007. Disponível em: <http://www.ibracons.org.br/news/index_vida.htm>. Acesso em: 07 out. 2018.

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: 06 out. 2018.

IBGE. *Índice de Desenvolvimento Humano Municipal*, 2010. Censo Demográfico. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/teofilo-otoni/panorama>>. Acesso em: 09 out. 2018.

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: 15 setembro 2018.

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: 22 out. 2018.

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: 29 setembro 2018.

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: 24 out. 2018.

PENTEADO, A. F. *Gestão da produção do sistema construtivo em alvenaria estrutural*. 2003. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponível em: <
<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000313536&fd=y>>. Acesso em: 18 out. 2018.

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%202007-v5%20%283%29.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.

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: 13 out. 2018.

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: 12 set. 2018.

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/Sevicos_RS_JUN_2013_SEM_DESONERA%C7%C3O.pdf>. Acesso em: 23 set. 2018.

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: 27 set. 2018.

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

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: 25 out. 2018.

APÊNDICE A - PROJETO ARQUITETÔNICO

APÊNDICE B - PROJETO ESTRUTURAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL

APÊNDICE C - PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO

APÊNDICE D - PROJETO HIDROSSANITÁRIO

APÊNDICE E - PROJETO HIDRÁULICO

APÊNDICE F - PROJETO ELÉTRICO

APÊNDICE G - PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DA ALVENARIA ESTRUTURAL

APÊNDICE H - PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DO CONCRETO ARMADO