

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

FREDERICO TEIXEIRA DIAS

HABITAÇÃO POPULAR: alvenaria estrutural, método utilizado
na construção de casas populares

Paracatu

2019

FREDERICO TEIXEIRA DIAS

HABITAÇÃO POPULAR: alvenaria estrutural, método utilizado na construção de casas populares

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Estruturas

Orientador: Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula

Paracatu

2019

D541h Dias, Frederico Teixeira.

Habitação popular: alvenaria estrutural, método utilizado na construção de casas populares. / Frederico Teixeira Dias. – Paracatu: [s.n.], 2019.

41 f. il.

Orientador: Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) UniAtenas.

1. Alvenaria estrutural. 2. Método construtivo. 3. Viabilidade. I. Dias, Frederico Teixeira. II. UniAtenas. III. Título.

CDU: 62

FREDERICO TEIXEIRA DIAS

HABITAÇÃO POPULAR: alvenaria estrutural, método utilizado na construção de casas populares

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Estruturas

Orientador: Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula.

Banca examinadora:

Paracatu-MG, _____ de _____ de _____.

Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula
UniAtenas

Prof. Marcos Henrique Rosa dos Santos
UniAtenas

Prof.^a Ellen Mayara Santos Cardoso
UniAtenas

Dedico aos meus pais Lázaro
Dias e Joana Lucia, à minha filha
Gabriella Dias, a minha namorada
Amanda Nunes e a todos os meus amigos
pelo apoio. Obrigado!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre esteve do meu lado me abençoando e me dando força para a conclusão deste curso.

Aos meus pais Lázaro e Joana Lucia, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando, e me dando esta oportunidade de estudar e concluir o curso.

A minha filha Gabriella, por estar sempre do meu lado me dando apoio.

A minha namorada Amanda, por estar sempre do meu lado me dando apoio e me ajudando.

Aos meus professores, que ao longo do curso contribuíram com um pouco de seus conhecimentos.

Aos meus colegas, por terem compartilhado comigo os sentimentos e emoções durante estes cinco anos juntos.

Agradeço também ao professor Carlos Eduardo Ribeiro Chula. Obrigado pelas suas inestimáveis palavras de orientação, isso me fez crescer não só profissionalmente, mas também como pessoa. Muito obrigado.

Enfim, obrigado a todos que contribuíram para a realização de um sonho de me tornar um ENGENHEIRO CIVIL.

“Para se ter sucesso é
necessário amar de verdade o que se faz”

Steve Jobs

RESUMO

Este trabalho abordara sobre a alvenaria estrutural, método mais comum em construções de casas populares. Tendo como objetivo deste trabalho de mostrar que a alvenaria estrutural é o método mais apropriado para se construir edificações de pequeno porte, demonstrando um pouco da história da alvenaria estrutural no Brasil e no mundo. Com o objetivo de mostrar que se tem mais vantagens que desvantagens com esse método construtivo, enfatizando sua viabilidade a aquisição de seu principal material para a confecção dos projetos (blocos cerâmicos), com grandes abundancia de matéria prima para a fabricação dos mesmos. Com isso fizemos uma comparação dos dois sistemas construtivo mais utilizados no nosso pais, alvenaria estrutural X concreto armado e alvenaria de vedação, mostrando em tabelas que a alvenaria estrutural se sobressai sobre o outro método construtivo. Comprovando que o método construtivo de alvenaria estrutural se sobressai sobre os outros métodos construtivos.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Método construtivo. Viabilidade.

ABSTRACT

This work will focus on structural masonry, the most common method of constructing popular houses. The objective of this work is to show that structural masonry is the most appropriate method to construct small buildings, demonstrating some of the history of structural masonry in Brazil and in the world. With the aim of showing that it has more advantages than disadvantages with this constructive method, emphasizing its viability the acquisition of its main material for the construction of the projects (ceramic blocks), with great abundance of raw material for their manufacture. With this, we compared the two most used constructive systems in our country, structural masonry X reinforced concrete and masonry of fence, showing in tables that the structural masonry stands out over the other constructive method. It shows that the constructive method of structural masonry excels the other constructive methods.

Key words: Structural masonry. Constructive method. Feasibility.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 – Pirâmide de Queops no Egito | 15 |
| FIGURA 2 – Edifício Monadnock Building em Chicago | 17 |
| FIGURA 3 – Mapa dos principais polos produtores de cerâmica vermelha em Minas gerais | 22 |
| FIGURA 4 – Modulação horizontal | 26 |
| FIGURA 5 – Tipos de amarrações | 27 |
| FIGURA 6 – Projeto arquitetônico | 30 |
| FIGURA 7 – Projeto estrutural em concreto armado | 31 |
| FIGURA 8 – Modulação alvenaria estrutural | 32 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação brasileira de normas técnicas

CIEMG Cadastro Industrial e Empresarial de Minas Gerais

FBK Resistência característica a compressão do bloco

MPA Mega pascal

NBR Normas Brasileiras

MG Minas Gerais

SINAPI Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA | 12 |
| 1.2 HIPÓTESES | 12 |
| 1.3 OBJETIVOS | 12 |
| 1.3.1 OBJETIVO GERAL | 12 |
| 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 12 |
| 1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO | 12 |
| 1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO | 13 |
| 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO | 14 |
| 2 HISTÓRIA, VANTAGENS E DESVANTAGENS DO MÉTODO CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL | 14 |
| 2.1 HISTÓRIA | 14 |
| 2.2 VANTAGENS | 19 |
| 2.3 DESVANTAGENS | 20 |
| 3 ANÁLISE DE VIABILIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL EM EDIFÍCIOS DE PEQUENO PORTE | 21 |
| 4 ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCO CERÂMICO X CONCRETO ARMADO E ALVENARIA DE VEDAÇÃO, COMPARATIVO DE CUSTO EM RESIDÊNCIA DE PEQUENO PORTE | 23 |
| 4.1 ALVENARIA ESTRUTURAL | 23 |
| 4.2 CONCRETO ARMADO E ALVENARIA DE VEDAÇÃO | 27 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 34 |
| REFERÊNCIAS | 35 |
| APÊNDICE A – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DE CONSUMO DE ALVENARIA ESTRUTURAL | 39 |
| APÊNDICE B – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DE CONCRETO ARMADO | 40 |
| APÊNDICE C – QUADRO DE COMPOSIÇÃO DE SERVIÇOS | 41 |

1 INTRODUÇÃO

Holz e Monteiro (2008) apontam que atualmente mais de 82% da população brasileira mora na zona urbana das cidades, e destacam que isso ocorreu devido ao fato da rápida industrialização no início do século XX que atraiu as pessoas para as cidades. Esse fato resultou na formação de áreas urbanas irregulares e ilegais, já que nessa época não existiam políticas habitacionais.

A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (Pnad), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), revela que subiu 1,4% o número de invasões no país entre 2016 e o ano passado. São 145 mil domicílios nessa situação, ante 143 mil em 2015. Faltam no país 6,3 milhões de domicílios, segundo levantamento feito em 2015 pela Fundação João Pinheiro (FJP).

Com o propósito de reduzir esse déficit habitacional, o Governo Federal criou vários programas de habitação popular para famílias de baixa renda, como por exemplo, o programa Minha Casa, Minha Vida, que segundo a Caixa Econômica Federal (2013) tem por objetivo a construção de 860 mil unidades habitacionais para a população com renda de até R\$1.600,00. Com a implantação deste e de outros incentivos do governo, que visam acabar com o problema do déficit habitacional no Brasil, há um grande crescimento na quantidade de construções de casas populares e conjuntos habitacionais e de forma acelerada para tentar amenizar o problema de falta de moradia digna às famílias de baixa renda.

Métodos construtivos que facilitam o processo de execução são buscados por vários anos dentro do mercado da construção civil. Várias empresas e laboratórios de pesquisas elaboram modelos com objetivo de conquistar o mercado, mas a maioria das vezes apresentam custos maiores comparados aos métodos construtivos convencionais.

Porém, a alvenaria estrutural é um método construtivo que se mostrou economicamente viável frente aos métodos convencionais, especialmente para as construções mais baixas, que não sofrem com os efeitos de vento. Assim, a alvenaria estrutural vem sendo cada vez mais utilizada na construção civil nacional.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais motivos levaram à aplicação da alvenaria estrutural como um método construtivo competitivo para as habitações populares?

1.2 HIPÓTESES

a) Facilidade de acesso às principais matérias-primas utilizadas nas construções das casas populares.

b) Metodologia de simples execução que não requer mão-de-obra especializada.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo do método construtivo em alvenaria estrutural para as edificações de pequeno porte.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) apresentar vantagens e desvantagens do método construtivo de alvenaria estrutural;

b) analisar a viabilidade da alvenaria estrutural para as edificações de pequeno porte;

c) comparar o custo final de um projeto padrão em alvenaria estrutural com outro método construtivo.

1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

O Brasil apresenta um déficit habitacional há muitos anos. Com o intuito de solucionar esse problema da habitação, o governo federal criou diversos programas de fomento à moradia para as classes mais carentes. Atualmente, o programa Minha Casa Minha Vida é a política de fomento à construção de moradias para a população de baixa renda no Brasil. Neste programa temos faixas diferentes de financiamento público e de incentivo à iniciativa privada, mas o grande foco é a criação de moradias para a população que dispões de menos recursos financeiros.

Devido à pequena margem de lucro das construtoras, o mercado da construção necessita de soluções para atender essa faixa do programa. A alvenaria estrutural surge como uma solução consagrada nas grandes cidades brasileiras desde o fim do último século, devido à facilidade de aquisição de blocos estruturais nestes municípios.

Em nossa região, especificamente na cidade de Paracatu-MG, essa metodologia construtiva começou a ser implantada. Nesta década, foram criados dois bairros de habitações populares no município: o bairro Sara Kubitschek e o bairro Chapadinha 2. E ambos foram construídos pelo método construtivo de alvenaria estrutural. Assim, percebe-se que a alvenaria estrutural vem se viabilizando inclusive em regiões onde o método não era aplicado e devido a esse novo método construtivo estar sendo utilizado em nosso município, este estudo se justifica.

1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO

O presente estudo trata de uma pesquisa bibliográfica de natureza exploratória com a finalidade de fazer um estudo teórico explorando e descrevendo o quanto é importante e necessário a alvenaria estrutural para o ramo da construção civil. De acordo com Lima e Miotto (2007), é comum que a pesquisa bibliográfica apareça caracterizada como revisão de literatura ou revisão bibliográfica. Isto acontece porque falta entendimento e conhecimento de que a revisão de literatura é apenas um pré-requisito para a realização de toda e qualquer pesquisa visto que a pesquisa bibliográfica é um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções atento ao objeto de estudo e que por isso, não pode ser aleatório.

Ainda conforme Lima e Miotto (2007), as pesquisas bibliográficas são fundamentais para que haja embasamento teórico no estudo.

Ao tratar da pesquisa bibliográfica, é importante destacar que ela é sempre realizada para fundamentar teoricamente o objeto de estudo, contribuindo com elementos que subsidiam a análise futura dos dados obtidos. Portanto, difere da revisão bibliográfica uma vez que vai além da simples observação de dados contidos nas fontes pesquisadas, pois imprime sobre eles a teoria, a compreensão crítica do significado neles existente. (LIMA e MIOTTO, 2007, pg. 44)

Entretanto Galvão (2011), cita que realizar um levantamento bibliográfico é se potencializar intelectualmente com o conhecimento coletivo para ir além, é

juntar e adquirir condições cognitivas melhores a fim de evitar a duplicação de pesquisas ou quando for de interesse reaproveitar e replicar pesquisas em diferentes escalas e contextos, observar possíveis falhas nos estudos realizados, verificar os recursos necessários para a construção de um estudo com características específicas, desenvolver estudos que cubram lacunas na literatura trazendo real contribuição para a área de conhecimento, propor temas, problemas, hipóteses e metodologias inovadoras de pesquisa, assim como também otimizar recursos disponíveis em prol da sociedade, do campo científico, das instituições e dos governos que subsidiam a ciência.

Através da tabela SINAPI Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices para a Construção Civil, será realizada a partir de um layout base de arquitetura para residências unifamiliar um comparativo entre preços, custos e de índices da construção civil. Será analisado o preço de materiais e salários pagos na construção civil com o intuito de trazer melhores resultados em custo benefício para a construção de residências.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo o trabalho apresenta problema de pesquisa, hipótese, objetivos, justificativa do estudo, metodologia e revisão bibliográfica a serem abordadas.

No segundo capítulo aborda-se as vantagens e desvantagens do método de alvenaria estrutural.

No terceiro capítulo analisa-se a viabilidade voltada ao método da alvenaria estrutural.

No quarto capítulo compara-se o método construtivo de alvenaria estrutural com o método construtivo de concreto armado com alvenaria de vedação afim de verificar o método mais eficaz.

No quinto capítulo enfatiza as considerações finais as quais darão validade a pesquisa destacando os principais pontos do estudo de caso.

2 HISTÓRIA, VANTAGENS E DESVANTAGENS DO MÉTODO CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

2.1 HISTÓRIA

Segundo Azevedo (1997), alvenaria é toda obra construída por meio de pedras naturais tijolos ou blocos de concreto e tem como seus pontos fortes, oferecer resistência, durabilidade e impermeabilidade. A alvenaria é um método de construção utilizado a centenas de anos, desde as construções das pirâmides no Egito, como a pirâmide de Quéops.

Nessa edificação foram empregados na sua construção cerca de 2 milhões de blocos de pedra, onde até então era utilizado como alvenaria estrutural (ACCETTI, 1998).

A figura abaixo representa a Pirâmide de Quéops no Egito, também conhecida como grande pirâmide de Gizé, é considerada a mais antiga pirâmide entre as três maiores na metrópole de Gizé no Egito.

FIGURA 1 – Pirâmide de Quéops no Egito



Fonte: Accetti, 1998 apud MICROSOFT ENCARTA 96 ENCYCLOPEDIA (1996). Microsoft Corporation

Ainda segundo Azevedo (1997), afirma que a alvenaria mais utilizada no Brasil é de tijolos de barro cozido, com a matéria prima principal em abundância no país: a argila, misturada com pedra arenosa. No processo de fabricação depois que a argila é selecionada, ela é misturada com um pouco de água até formar uma pasta

homogênea. São cozidos no forno por uma temperatura entre 900 e 1100 ° C. Conforme Unama (2009, p.3) o método construtivo mais comum para a execução de paredes é feito com os blocos de origem da argila, cerâmico. Ele é bem aceito pela população devido à sua fácil execução e acesso.

Às alvenarias se dá a classificação como de vedação ou estrutural. Santos (2013) diz que a alvenaria de vedação tem como vantagem a utilização de poucos materiais, sendo os principais a argamassa de assentamento e os blocos. E que devido aos avanços tecnológicos do setor e com a evolução dos materiais de construção de um modo acelerado, a argamassa e os blocos têm sofrido modificações constantes. Esse avanço do setor proporcionou inúmeros tipos de novas características para esses materiais, atendendo todas as exigências técnicas e, conseqüentemente, trazendo mais eficiência e confiabilidade ao produto final. Porém, a alvenaria de vedação não tem a função de garantir a estabilidade da estrutura de uma construção.

Segundo Manzione (2004), a alvenaria estrutural trata de sustentar e organizar os outros tipos de subsistemas da edificação: instalações elétricas e hidrossanitárias, esquadrias, revestimentos e cobertura, sendo um sistema construtivo completo. Pode ser construída através de bloco cerâmico ou bloco de concreto.

No final do século XIX se tem a percepção que a utilização da alvenaria estrutural em obras de proporções muito altas demandava uma fundação muito exagerada no sentido de manter o prédio estável, quando submetidas às ações do vento e de fenômenos da natureza. O edifício "Monadnock Building" construído na cidade de Chicago no final do século XIX, é um exemplo dessa situação. Sua fundação exigiu vigas de aproximadamente 1,80m de espessura (ACCETTI, 1998), conforme figura 2 abaixo.

FIGURA 2 – Edifício Monadnock Building em Chicago

Fonte: Accetti, 1998 apud Monadnock Building ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (1990)

No início do século XX onde há descoberta e a utilização do concreto armado se tem uma grande baixa nas construções de obras em alvenaria estrutural. A ascensão do concreto armado gera a preocupação de que a alvenaria estrutural seja deixada em segundo plano assim, ocorreram grandes experimentos e estudos voltados ao método construtivo de alvenaria estrutural pois, com o emprego do concreto e do aço se pode obter obras mais esbeltas com a mesma capacidade do que da alvenaria estrutural (ACCETTI, 1998).

Com uma serie de experimentos na Europa por volta de 1951, onde na Suíça uma edificação contendo 13 pavimentos em alvenaria não armada, com paredes do lado externo com aproximadamente 37,5 cm e paredes internas com cerca de 15 cm se teve um grande passo nesse sistema construtivo. Daí em diante, o método voltou a ser empregado em construções na Alemanha, Inglaterra e até mesmo nos Estados Unidos, onde começaram a empregar a alvenaria estrutural inclusive nas áreas sujeitas a abalos sísmicos, nestes casos, por motivo de

segurança, com a utilização de alvenaria estrutural juntamente com o emprego do aço.

A alvenaria estrutural de acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland no Brasil, teve sua utilização mais constante a partir da década de 60, onde na época eram empregadas somente nos grandes centros. Nesses locais haviam a necessidade de abrigar maior quantidade de famílias com segurança, proteção e bem-estar. Assim começaram a se fazer as habitações populares a partir do método de alvenaria estrutural onde se tem menos gastos, execução mais rápida e segurança nas edificações.

Oliveira e Hamai (1998), levanta o ponto em que a estrutura em alvenaria estrutural deixou de ser uma estrutura de grandes larguras, de muita rigidez e de um peso muito elevado como se construía na antiguidade para se modernizar em peças esbeltas e com a produção do material a ser utilizado na confecção da estrutura mais acessível.

Com esse grande foco em estudos e pesquisas se obtiveram grandes avanços tecnológicos voltados para a alvenaria estrutural onde perceberam a possibilidade de se construir uma edificação grande, economizando no emprego do aço e do concreto e com isso ganhando no quesito econômico. A partir destes estudos se começaram a ser criadas as normas e recomendações voltadas ao projeto e execução da alvenaria estrutural proporcionando maior segurança e custo-benefício ao seu usuário.

As Normas Brasileiras (NBR's) 15961-1 e 15961-2, tratam a alvenaria estrutural com blocos de concreto e as classificam em três categorias:

a) Alvenaria estrutural não-armada de blocos vazados de concreto: Os blocos não apresentam a função de conter os esforços, servindo apenas de amarração;

b) Alvenaria estrutural armada de blocos vazados de concreto: As armaduras servem para conter os esforços, além daquelas com finalidade construtiva ou de amarração em determinadas cavidades que são preenchidas com graute;

c) Estrutura de alvenaria parcialmente armada de blocos vazados de concreto: São paredes construídas segundo as recomendações da alvenaria armada e não armadas.

Para Ramalho e Corrêa (2003), devido a economia que a alvenaria não armada de blocos vazados de concreto proporciona e aos inúmeros fornecedores pode ser um sistema muito promissor dentro do sistema de alvenaria estrutural, sendo sua utilização mais indicada para residência de padrão baixo e médio.

No sistema de alvenaria estrutural é como brincar de lego¹, com diversas formas e tamanhos não sendo possível manipular a forma dos blocos. Com isso os blocos são contados para execução da obra onde, seguindo os projetos durante a execução não haverá desperdício de materiais pois, os blocos não serão adulterados. A argamassa utilizada é sempre uma mistura de areia e cimento com o cuidado de se evitar o desperdício pois a mistura é feita no local da obra. A quantidade usada de argamassa e graute é limitadamente. O graute deve ser utilizado com um funil onde deve ser confinado dentro da célula do bloco não havendo a possibilidade do vazamento ou perda de material. O resultado disso é uma obra econômica e que reduz bastante o custo para o empreendedor.

Com o passar do tempo e o avanço nos estudos e pesquisas a alvenaria estrutural vem tendo seu crescimento na área da construção onde se tornou um método construtivo muito eficaz e com várias vantagens sobre os outros métodos construtivos principalmente quando o projeto é de pequeno porte. Esse tipo de sistema construtivo tem sido utilizado nas confecções das casas populares da cidade de Paracatu (MG). Apesar das muitas vantagens tem também suas desvantagens.

2.2 VANTAGENS

Segundo Camacho (2006), o emprego da alvenaria estrutural pode trazer as seguintes vantagens técnicas e econômicas:

i. Redução de custos: a redução de custos que se obtém está intimamente relacionada à adequada aplicação das técnicas de projeto e execução podendo chegar, segundo a literatura, até a 30% sendo proveniente basicamente da:

- a. Simplificação das técnicas de execução;
- b. Economia de formas e escoramentos.

¹ Brinquedo cujo conceito se baseia em partes que se encaixam permitindo muitas combinações. Criado pelo dinamarquês Ole Kirk Kristiansen.

Além disso, segundo a Votorantim Cimentos (2018), a utilização do bloco cerâmico estrutural pode trazer ainda mais economia à obra pois esse tipo de bloco é cerca de 13% mais econômico do que quando se utiliza o bloco estrutural de concreto.

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

iii. Redução da diversidade de mão-de-obra especializada: necessita-se de mão-de-obra especializada somente para a execução da alvenaria, diferentemente do que ocorre nas estruturas de concreto armado e aço.

iv. Maior rapidez de execução: essa vantagem é notória nesse tipo de construção, decorrente principalmente da simplificação das técnicas construtivas, que permite maior rapidez no retorno do capital empregado.

v. Robustez estrutural: decorrente da própria característica estrutural resultando em maior resistência à danos patológicos decorrentes de movimentações, além de apresentar maior reserva de segurança frente a ruínas parciais.

vi. A redução sonora é mais uma vantagem muito importante. Com a alvenaria estrutural cerâmica você poderá chegar a uma redução média de 42db (decibéis), produzindo uma grande barreira acústica e com a vantagem também de ser um grande isolante térmico.

2.3 DESVANTAGENS

A principal desvantagem da alvenaria estrutural é o limitador do projeto arquitetônico, devido ao fato das paredes possuírem o poder de estruturar a obra. Muitas vezes se tem um limite de emprego arquitetônico na concepção do projeto dificultando o uso de paredes arredondadas. Além disso, há uma limitação a possíveis modificações e adaptações das arquiteturas no sentido de usos futuros.

Silva e Costa (2007), explicam que muitas soluções já foram encontradas para solucionar os problemas futuros da alvenaria estrutural. Um exemplo é a diminuição dos problemas de remoções de paredes onde, através de definições

estruturais dos projetos se cria paredes não estruturais para sua possível remoção futura.

Ainda segundo Silva e Costa (2007), outra desvantagem é a dificuldade em se encontrar fábricas que produzam blocos de material cerâmico ou de concreto que atinja a resistência ideal para se utilizar na alvenaria estrutural.

3 ANÁLISE DE VIABILIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL EM EDIFÍCIOS DE PEQUENO PORTE

Segundo dicionário o termo viabilidade é utilizado para dar ato ou efeito de algo possível, ou seja, ter probabilidade de ser realizado e suas vantagens ou desvantagens a qual as consequências e perspectivas futuras para tal coisa. No caso há viabilidade da alvenaria estrutural em edifícios de pequeno porte.

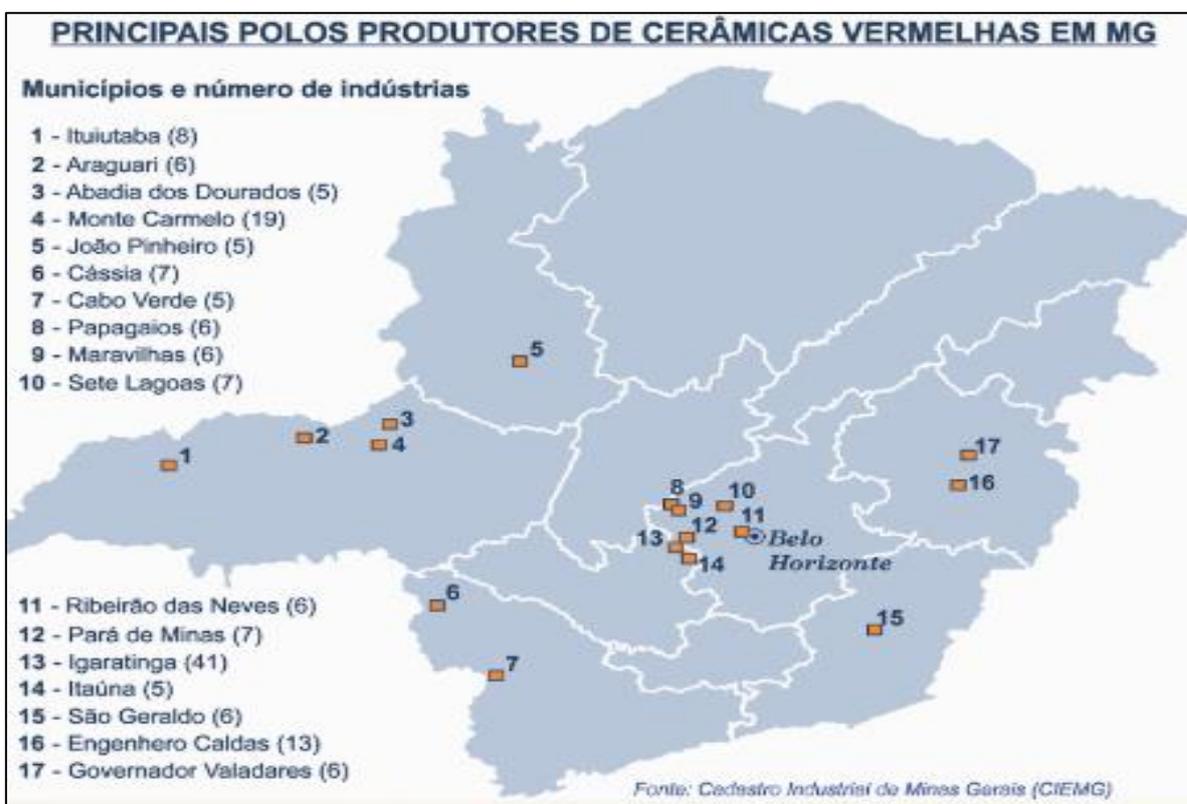
Parsekian, Hamid e Drysdale (2013), afirmam que blocos cerâmicos ou tijolos cerâmicos e o material mais utilizado ao longo das décadas por todo o mundo, pois a matéria prima para sua confecção vem de jazidas de argilas encontrada em diversas regiões do Brasil e do mundo. Com isso, as alvenarias estruturais de edificações de pequeno porte têm o seu comum popularizado, pois os seus blocos não demandam resistências elevada, sendo de fácil acesso a serem encontradas em quase todas as regiões do nosso país. O processo de fabricação e confecção dos blocos cerâmicos não teve muitas alterações no seu modo de fabricação, mas houve um grande empenho em melhorar o processo de escolha das matérias-primas a serem utilizadas, na maneira da queima e em muitas mecanizações e automações presente nas fábricas de hoje.

Segundo Recursos Minerais de Minas Gerais aput CIEMG (2018), com a abundância de jazidas de argila em Minas Gerais nosso estado se destaca como uns dos maiores produtores de cerâmica vermelha do país tendo cerca de 139 municípios mineiros com presença de fábricas e olarias voltadas a confecções dos blocos cerâmicos. A região de Paracatu (MG), que engloba o noroeste mineiro, alto Paranaíba e triângulo mineiro, em um raio por cerca de 200 km de distância podemos facilmente encontrar cerca de 29 unidades de fabricações de material vindo da cerâmica vermelha.

A figura 3 abaixo mostra os principais produtores de cerâmica vermelha do estado de Minas Gerais. O estado contabiliza atualmente 339 unidades

industriais, sendo sua maioria na Região Metropolitana de Belo Horizonte e no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

FIGURA 3 – Mapa dos principais polos produtores de cerâmica vermelha em Minas Gerais.



Fonte: Recursos Minerais de Minas Gerais – RMMG aput CIEMG (2018)

Parsekian, Hamid e Drysdale (2013), salientam que a utilização da alvenaria estrutural para as edificações de pequeno porte em nosso país é um tipo de obra voltada à construção de casas populares do programa do Minha Casa Minha Vida. A utilização da alvenaria não armada traz um grande benefício em relação à utilização da alvenaria estrutural armada. Os autores listam os benefícios desde o auxílio de armações somente nas confecções das cintas e contra-vergas e vergas pois, com isso será utilizado menos material. Além disso, há um ganho de tempo, pois na montagem da armação basta um funcionário devido à sua simplicidade. Um outro ponto positivo é o fato de não ser necessário trabalhar com os dispositivos de contenção do concreto armado como as formas. Isso traz uma grande economia, pois nas confecções das formas se tem um gasto elevado na

madeira e há uma diminuição da quantidade de funcionários pois, para a confecção das formas se deve ter um bom conhecimento sobre o assunto.

Sabbatini (1989), coloca a industrialização no método construtivo em alvenaria estrutural como ação evolutiva onde a melhoria nos processos, os avanços tecnológicos e técnicas avançadas de planejamento e controle, trouxeram grande melhoria à produtividade e ao nível do serviço prestado. A essas melhorias somam-se um melhor emprego do método construtivo potencializando e trazendo junto a racionalidade e inovações com o intuito de viabilizar a alvenaria estrutural de pequeno porte sobre os outros métodos construtivos.

Segundo Franco e Agopyan (1992), a alvenaria estrutural não armada evidencia vantagens de ser um método considerado simples onde se encontra uma grande área para trabalhar no sentido de aumentar a viabilidade tanto no quesito da industrialização, na qualidade e na produtividade. No caso das casas populares poderá se manter uma padronização do sistema construtivo onde se obterá várias construções nos mesmos padrões estruturas, estéticos e construtivos.

4 ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCO CERAMICO X CONCRETO ARMADO E ALVENARIA DE VEDAÇÃO, COMPARATIVO DE CUSTO EM RESIDENCIA DE PEQUENO PORTE

Quando se fala em habitações populares, o fator primordial para sua execução é o custo da obra. Diante deste comparativo vamos observar se a construções das casas populares do programa do governo Minha casa Minha vida confeccionadas na cidade de Paracatu (MG), que foram construídas pelo método construtivo de alvenaria estrutural foi a melhor escolha em termos de custo comparando aos métodos mais comuns em nosso País, que se trata do método de concreto armado com alvenaria de vedação.

Utilizando a tabela SINAPI Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil, através de um projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar com aproximadamente 58,6 m² com semelhança a construída na cidade de Paracatu (MG), podemos realizar levantamentos entre valores de orçamentos, materiais de acordo com a região, essa pesquisa trará resultados entre a quantidade de consumo e valores dos materiais e a produção, nos trazendo os “pós” e “contras” de cada sistema construtivo.

4.1 ALVENARIA ESTRUTURAL

Freitas Jr (2013), Alvenaria estrutural com suas principais características as paredes serviram como apoio para as cargas dispensando o uso de vigas e pilares.

Mohamed *et al* (2011) Alvenaria estrutural foi dito como a principal técnica utilizada até no início do século XX, empregada em edificações e monumentos históricos, que estão resistindo a séculos. Exemplo: pirâmides do Egito, coliseu, a catedral de Notre Dame, entre vários outros, onde no passado sua principal desvantagem se tratava da largura das paredes na parte inferior das edificações, um exemplo disso e o edifício Monadnock Building construído na cidade de Chicago, onde para suporta seus aproximadamente 65m de altura, foi preciso paredes inferiores de até 1,8m de largura, edificação construída entre os anos de 1889 a 1893.

Começo do século XX a alvenaria estrutural perde sua importância, pelo fato do desenvolvimento do concreto armado, com o engenheiro alemão Emil Morsch com publicações de descrição com baseamento científico sobre o comportamento nas estruturas compostas de concreto e aço, com isso se desenvolveram os primeiros direcionamentos em relação a construção em concreto armado (BASTOS, 2006).

Meados da década de 1950 a alvenaria estrutural teve um avanço tecnológico com relutância na criação de normas na Europa e América do Norte, criando desenvolvimento aos principais elementos construtivos, priorizando uma maior resistência, com intuito de elaborar projetos mais bem elaborados, com intuito de poder proporcionar paredes mais esbeltas sem perder a resistência exigida, trazendo de volta a confiança para esse método construtivo (KALIL e LEGGERIN, 2009).

Silvestre (2013), início dos anos 90 tivemos no Brasil o emprego das técnicas e das modernizações voltadas para a alvenaria estrutural, com a união de parcerias entre empresas do ramo e universidades para buscar o desenvolvimento dos equipamentos e matérias primordiais para a alvenaria estrutural, com intuito de se dá mais resistência aos produtos como exemplo na confecção dos blocos estruturais.

As Normas Brasileiras NBR 15812-1 e 15812-2 de 2010 estabelece parâmetros para utilização, execução e controle das obras voltadas a alvenaria estrutural com blocos cerâmicos que consistem em suas principais funções resistir as cargas, com o trabalho conjuntos entre os blocos estruturais, argamassa, graudes, vigas, contravergas e cinta de respaldo.

Com grandes números de fabricas de blocos cerâmicos espalhadas no Brasil, segundo a NBR15270,2005 estabelece resistência mínima de 4,5mpa para consideração de blocos estruturais onde poderá chegar até os 16mpa para construções com múltiplos pavimentos.

Fixação dos blocos cerâmicos se dará com a utilização da argamassa onde segundo a NBR 8798 e indicada como um dispositivo de ligação entre os blocos, sendo composto de aglomerante (cimento), agregados miúdos, agua e cal, com adição de aditivo se necessário, a resistência da argamassa recomendada neste caso e de no mínimo 1,5mpa podendo chegar até no máximo a 0,7fbk.

Através dos grautes pontos no sentido vertical onde se anexam barras de aço e concreto, com intuito de aumentar a resistência e rigidez da estrutura, segundo a NBR 15812-2 determina condições mínimas para grauteamento e de 50mm x 70mm e a altura máxima de 1,6m sendo necessário mais de um lançamento para determinar a altura típica de projeto.

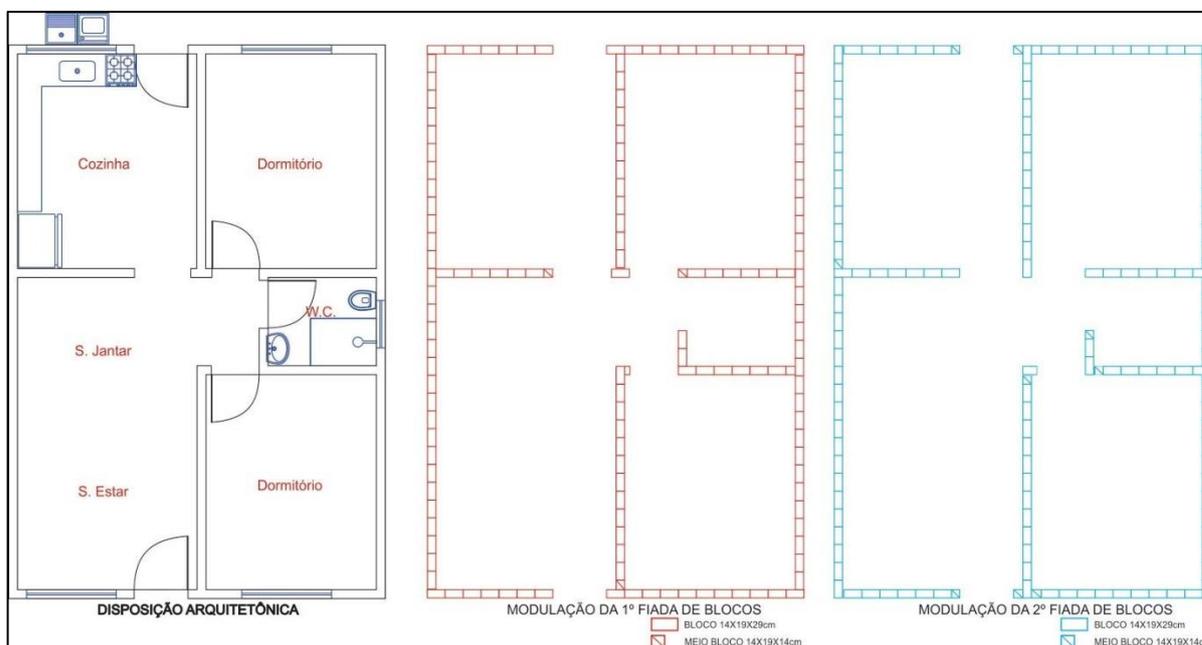
A NBR 15812 tem como finalidade também estabelecer normas para as vigas e contravergas, onde são compostas de vigas posicionadas nas partes superior e inferior das aberturas proveniente das portas e janelas, com o princípio de exercer a função de transmitir os esforços para as paredes, com a utilização de blocos tipo canaletas com a colocação de barras de aço e com a concretagem da mesma para o aumento da rigidez podendo evitar possíveis patologias como as trincas próximos as aberturas, e com o emprego do mesmo sistema para a cinta de repouso continuo que trata de um reforço na finalização das paredes para o maior resistência e rigidez, para resistir as cargas das lajes transmitidas para paredes estruturais.

Cavalheiro (1999), aponta a alvenaria estrutural sendo um método racionalizado onde a integração de projetos na concepção estrutural não permite adaptações e remoções ao executar, no projeto deve ser descrito todos os processos para execução deve constar orientações de modulações, posições corretas dos elementos, maneira correta de execução, das armações dos

grauteamentos como dos pontos de reforços e amarração entre as alvenarias, possibilitando entendimento na hora da execução da obra.

A figura 4, mostra a modulação horizontal da primeira e segunda fiada de blocos cerâmicos com a disposição arquitetônica da obra a ser executada.

FIGURA 4 – Modulação horizontal

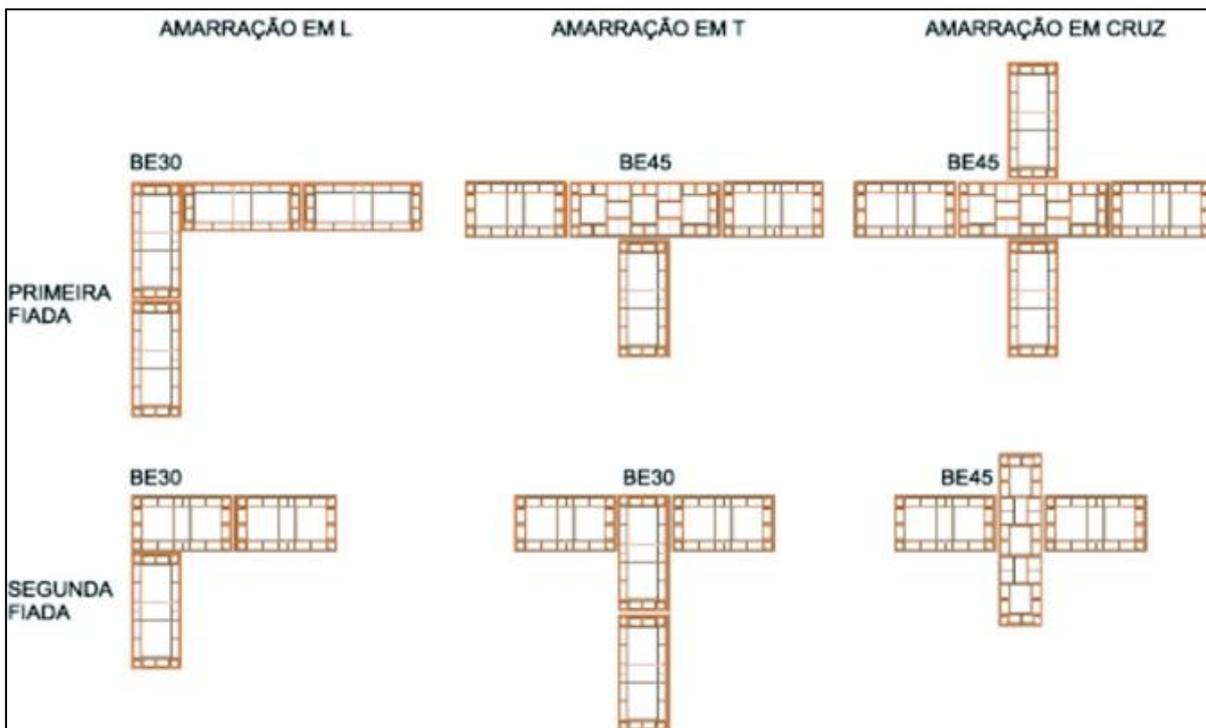


Fonte: MELO e CARVALHO

Primeiro passo a ser executado na alvenaria estrutural é a modulação dos blocos onde se define quais blocos serão utilizados para a obra atendendo a geometria do projeto. A NBR 5706 define todos esses parâmetros.

Para Freitas Jr (2013), o ponto fundamental é a definição dos pontos de ligações das paredes realizando amarrações em formas de “L”, “T” ou em cruz.

O tipo de amarrações conforme figura 5 abaixo para Freitas Jr (2013), o ponto fundamental é a definição dos pontos de ligações das paredes realizando amarrações em formas de “L”, “T” ou em cruz.

FIGURA 5 – Tipos de amarrações

Fonte: Pauluzzi Blocos Cerâmicos

Na alvenaria estrutural o sistema de utilização das lajes é similar a outros métodos construtivos. Já as fundações são normalmente utilizadas sapatas corridas com ou não a utilização de estacas dependendo da necessidade da distribuição de cargas para o solo. Bastos (2006) destaca a utilização de sapatas corridas em projetos de pequenos portes onde o solo deverá apresentar uma boa capacidade de resistência.

4.2 CONCRETO ARMADO E ALVENARIA DE VEDAÇÃO

Concreto armado faz uso como principal elemento o aço envolvido pelo concreto, onde através de interação deste material se tem um composto capaz de resistir grandes cargas. NBR 6118 tem a definição de concreto armado como “aquele cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura e nos quais não se aplicam alongamento iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência”.

Bastos (2016) Primeiro objeto criado da junção dos elementos do aço e do concreto ocorreu por volta do século XIX na França, a partir de então nunca mais parou estudos e pesquisas para a aprimoramento das técnicas com o auxílio de

ensaio e estudo se vem melhorando cada vez mais quanto em termos de resistência como na aplicabilidade do concreto armado.

Carvalho e Figueiredo Filho (2016). Destaca como suas principais vantagens a resistência a que é solicitada, fácil manuseio dos elementos, um custo razoável e durabilidade.

Concreto tem em sua mistura aglomerante, agregados e água onde a mistura nas proporções adequadas (Pinheiro, 2007).

Agregados são minerais em forma de partículas que podem ser classificadas em agregado miúdo com dimensões entre 0,075mm e 4,8mm e agregados graúdos com dimensões acima de 4,8mm onde se adiciona a mistura para ganho de volume e na redução de custos.

Segundo o mesmo (Pinheiro, 2007) os aglomerantes são elementos que tem a capacidade de unir os outros elementos envolvidos no concreto, com a água atuando na reação química aglomerante resultando no seu endurecimento após o período de tempo, com o cimento Portland tendo como seu principal aglomerante onde foi criado e patenteado pelo inglês Joseph Asdin em 1824, onde descobriram através da queima de rochas calcárias e argilas com o cimento em forma sólida mais sólida se apresentou alta resistência a compressão, que não teve a mesma resistência quanto a tração.

No final do século XVIII começaram a aplicar o aço junto ao concreto, onde começou a ser viável o uso do material a partir do século XIX começaram a moldar o aço em formato de barras e acrescentando junto ao concreto criando o concreto armado onde se tinha a resistência a compressão do concreto com a resistência a tração do aço (Bastos, 2016).

A norma NBR7480 com a NBR 6118 são as que indica as delimitações das aplicações de formas seguras do concreto armado.

O concreto armado contém elementos que constitui uma obra que são a fundação, pilares, vigas e as lajes elementos responsáveis pela estrutura e garantir a segurança e o equilíbrio das edificações, e com a associação dos elementos de vedação, como blocos ou tijolos de concreto ou cerâmicos para a função de proteção, privacidade e conforto para o usuário (Carvalho e Figueiredo Filho, 2016).

(Bastos, 2016) existem vários tipos de lajes, com as mais comuns como maciça, nervurada, lisa e cogumelo sendo mais utilizada em obras de pequeno porte a tipo nervurada com treliças pré-fabricadas.

Descreve (Bastos, 2016) sobre os pilares como elemento de maior importância estrutural, principalmente no quesito da segurança.

A vigas no sentido de barras na horizontal tem a grande função de receber as ações de cargas da laje, outras vigas e pilares com isso tendo a possibilidade de abranger grandes vãos (Bastos, 2016).

Na fundação superficial presente nas obras de pequeno porte onde se utiliza a sapata corrida, onde as sapatas são constituídas de blocos armados que de acordo com a resistência do solo recebido da estrutura se define a quantidade de aço e concreto para sua estabilidade (Bastos, 2016).

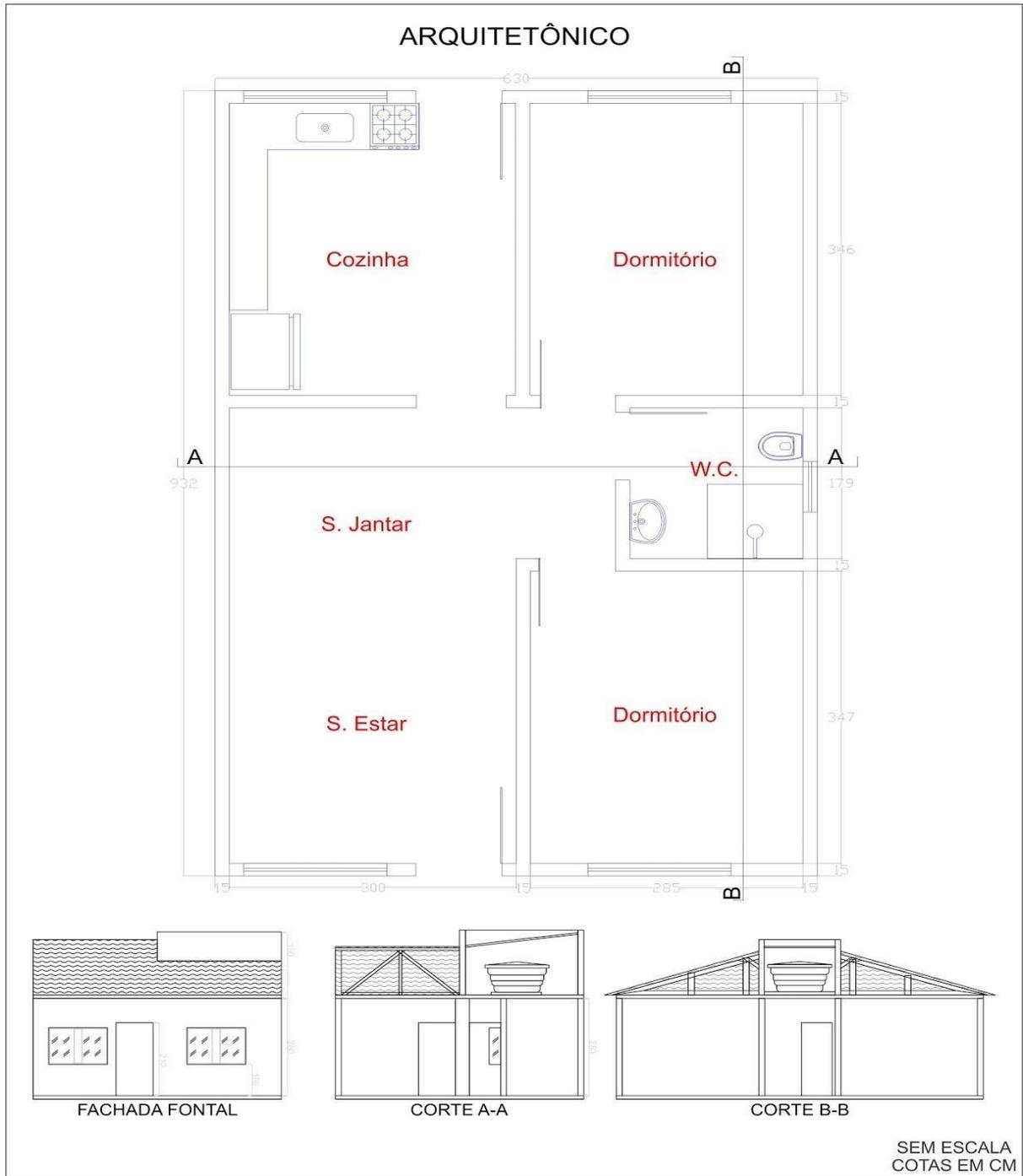
Segundo a norma NBR 15270-1 define blocos cerâmicos de vedação como elementos aplicados em alvenaria externa e interna que por já existir uma estrutura de concreto armado não tem a função de resistir as cargas, além da do seu peso próprio.

A partir dos projetos arquitetônicos conforme figura 6 semelhantes para os dois casos foram elaborados os projetos baseados nas Normas Brasileiras NBR 6118 para concreto armado. A figura 7, relacionada ao projeto estrutural em concreto armado faz referência a NBR 15812 para alvenaria estrutural. Com relação a modulação de alvenaria estrutural onde adaptações foram necessárias no projeto para obter uma viabilidade do comparativo seguindo a NBR 15575 que trata do desempenho das obras habitacionais conforme figura 8.

Conforme figura 7, projeto estrutural em concreto armado com a elaboração dos projetos estruturais realizou-se os principais levantamentos dos elementos de maior relevância onde foi calculado o consumo dos materiais utilizados como a remoção do solo, o tipo de concreto utilizado, o peso total do aço em um somatório de todos quesitos, aço empregue no projeto, quantitativo de blocos e argamassa para o reboco e assentamento dos blocos, o tempo gasto e custo da mão de obra, sendo deixado de ser comparado os elementos como lajes, pisos, acabamento e instalações gerais que tem o mesmo peso orçamentário em ambos os projetos analisados.

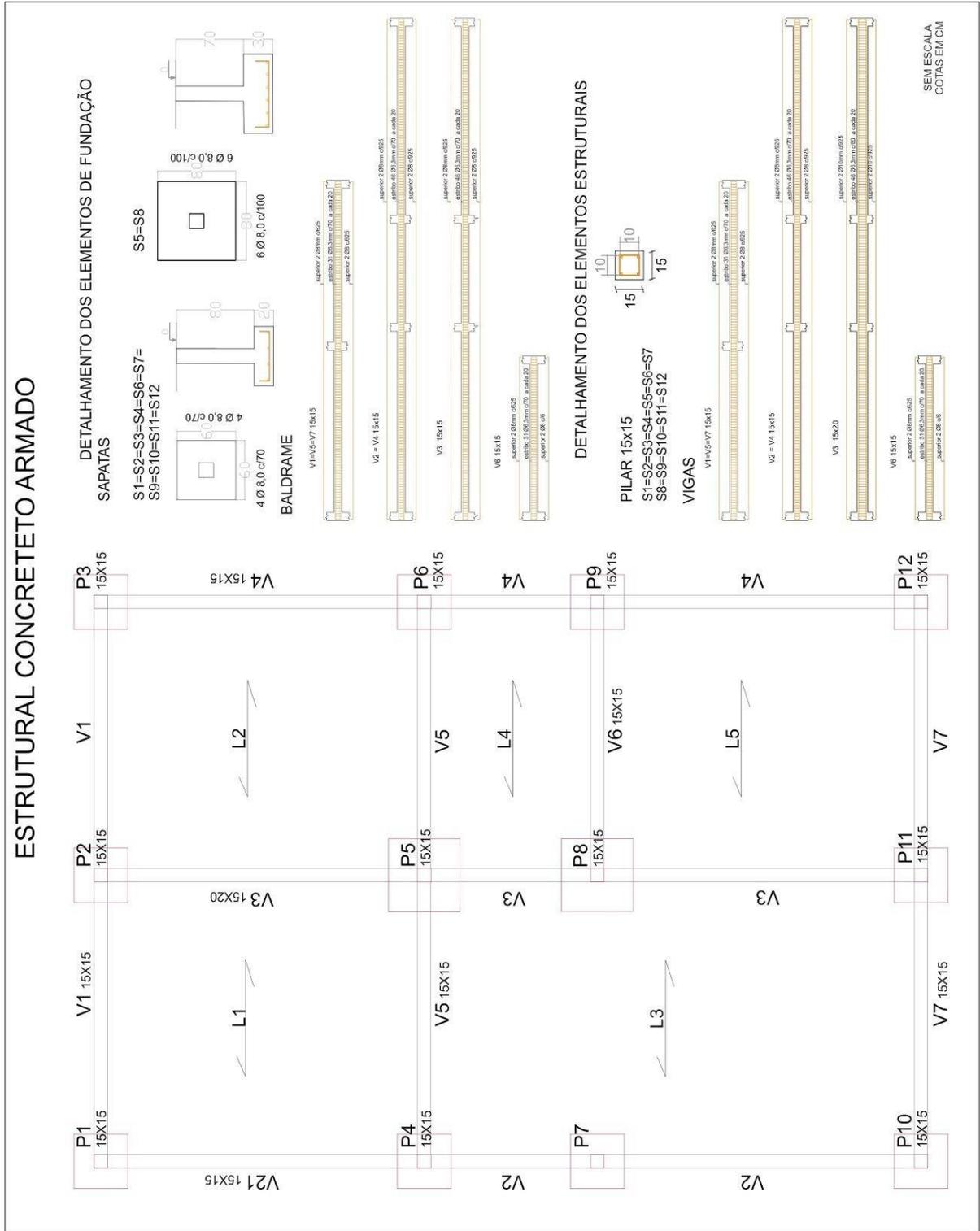
Conforme figura 8 onde temos a representação da modulação em alvenaria estrutural, com a modulação de 1° e 2° fiada juntamente com as dimensões e os detalhamentos dos blocos e do sistema de fundação a ser utilizado.

FIGURA 6 – Projeto arquitetônico



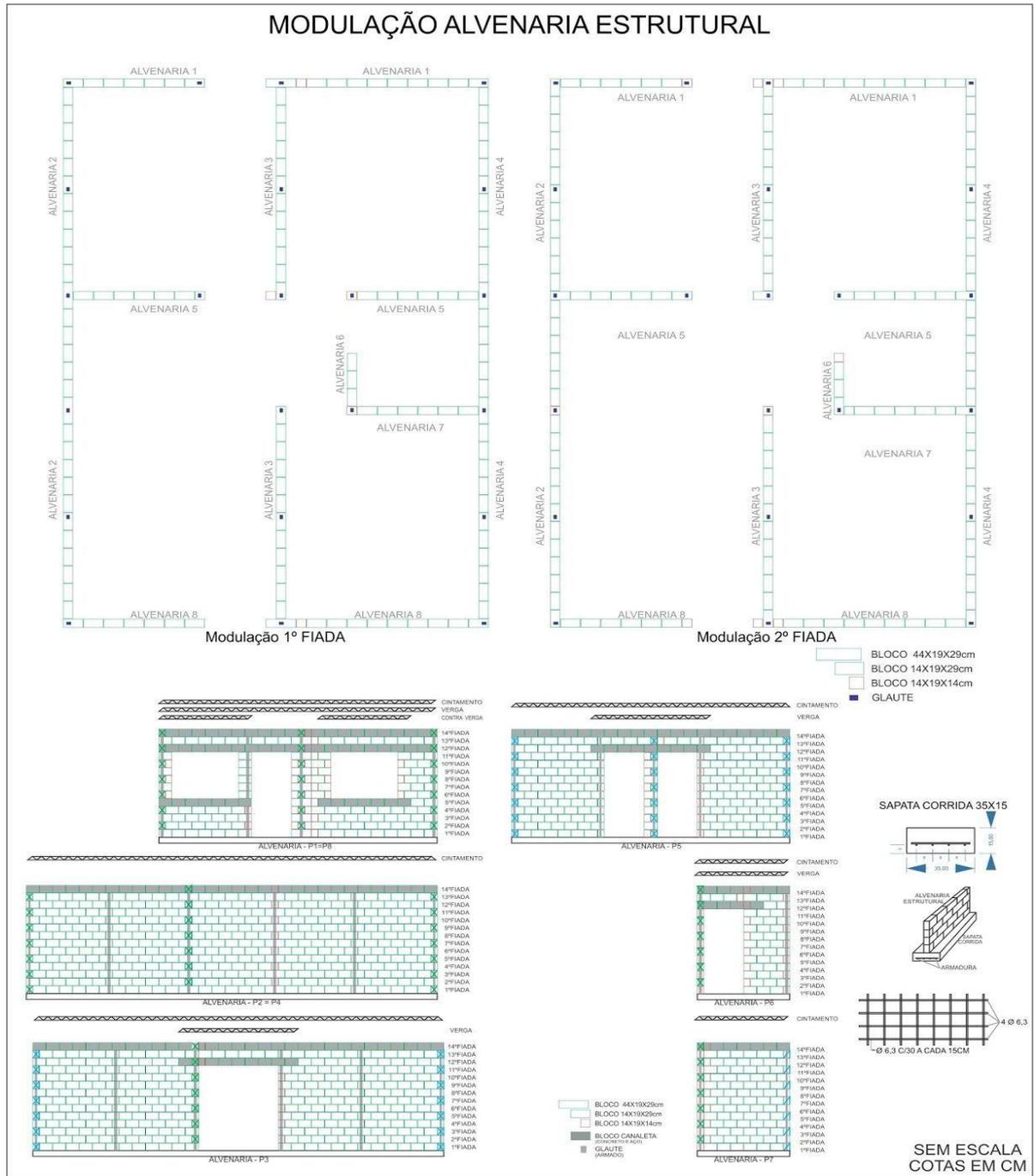
Fonte: MELO e CARVALHO

FIGURA 7 – Projeto estrutural em concreto armado



Fonte: MELO e CARVALHO

FIGURA 8 – Modulação alvenaria estrutural



Fonte: MELO e CARVALHO

Conforme (SINAPI) Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil, no comparativo entre os métodos foram analisados o consumo do concreto, aço, formas e volume de escavação onde o com o preenchimento dos dados retirados dos projetos estruturais e valores de cada item onde a mão de obra foi utilizada valores médios.

Para encontrar a viabilidade da utilização do concreto armado foi realizado um comparativo de custos entre esse, alvenaria estrutural e alvenaria de vedação através de planilha orçamentária de consumo entre ambos.

Através do levantamento da alvenaria estrutural utilizamos o emprego do sistema de sapatas corridas na fundação onde, o sistema supri a necessidade de resistência das cargas verticais. Já com a utilização do concreto armado e alvenaria de vedação o levantamento do projeto construtivo envolveu os principais custos com materiais e mão de obra.

Neste sistema construtivo pode se observar o fato da utilização de sapatas isoladas, o baldrame, os pilares e as vigas, com isso possibilitando o aumento de matérias e mão de obra para esse método construtivo.

Fazendo a comparação dos dois métodos construtivos observa-se que no projeto em alvenaria estrutural se terá maior economia sobre o concreto armado nos seguintes quesitos: consumo de concreto, aço, formas, escavações, argamassa, custos de mão de obra e no tempo de excursão.

Único ponto em que o concreto armado com alvenaria de vedação se sobressaiu foi na alvenaria estrutural pelo valor gasto com blocos cerâmicos de vedação em função do custo menor do que o bloco de alvenaria estrutural e também por ter um bloco com menos poder de resistência podendo ter tamanho e dimensões diferentes. Com o concreto armado fazendo essa função de resistência da estrutura isso viabiliza o custo do material e o torna diferente neste caso.

Segundo dados coletados e pesquisados através deste trabalho pode observar uma diferença considerável entre os métodos estudados, onde se terá cerca de 65% de economia da alvenaria estrutural sobre o concreto armado e alvenaria de vedação neste modelo de projeto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma pode-se observar que a alvenaria estrutural terá mais vantagens do que desvantagens pois, trata-se de um método onde se obtém grandes ganhos como economia em todos os materiais envolvidos, excluindo apenas o gasto da alvenaria cerâmica (blocos ou tijolos cerâmicos). No Brasil tem grandes mercados com abundância de argila para fabricação dos blocos ou tijolos cerâmicos o que possibilita também maior viabilidade em aquisição de materiais.

Evidenciou-se também que a alvenaria estrutural voltada a construções de casa de pequeno porte tem maior viabilidade em comparação aos outros métodos construtivos por vários fatores os quais sejam: acesso fácil aos principais componentes para a confecção das casas, otimização no tempo de construção, agilidade no método construtivo, economia de funcionários específicos, garantia de resistência adequada no processo de construção de pequeno porte, cuidado da segurança e bem estar do usuário da edificação.

Assim através dos comparativos pode-se observar que a alvenaria estrutural é mais eficaz e sempre que possível o método deve ser indicado pois, temos altos índices de economia no que tange os dois fatores principais da construção civil: o capital e o tempo. Por tratar-se de um método que utiliza menos variedade de matérias consecutivamente proporciona maior agilidade ao executar a obra, podendo também manter uma padronização do método utilizando em lugares de mesmo aspecto.

REFERÊNCIAS

ACCETTI, Kristiane Mattar. **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

ALVENARIA ESTRUTURAL. Disponível em:

<<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAgqaUAK/alvenaria-estrutural>>. Acesso em: 24 de Mar. 2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos Parte 1: Projetos**. NBR 15812-1, ABNT, 2010

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Alvenaria estrutural – Blocos de concreto Parte 1: Projetos**. NBR 15961-1, ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Alvenaria estrutural – Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras**. NBR 15961-2, ABNT, 2011. 20

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação** – Terminologia e Requisitos. NBR 15270-1, ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural** – Terminologia e requisitos. NBR 15270-2, ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Coordenação Modular da Construção**. NBR 5706, ABNT, 2011. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos: Projetos. NBR 6118, ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8545: **Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos**. Rio de Janeiro, 1984.

AZEVEDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.125p.

BASTOS, P. S. do S. **Históricos e principais elementos estruturais de concreto armado**. São Paulo. 2006.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sinap – **Índices da Construção Civil**. Disponível em < <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 20 out 2018.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios em alvenaria estrutural**. NEPAE – Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural. UNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Ilha Solteira – SP, 48 p., 2006.

CARVALHO, R. C.; FIGUEREDO F., J. R.de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de Concreto Armado**: Segundo a NBR 6118:2014. 4a ed. EduUFSCar, São Carlos, 2016.

CASAS E PROJETOS. **Paredes de concreto moldadas in loco aceleram obras**. Disponível em: < <http://www.casaseprojetos.com/paredes-de-concreto-moldadas-inloco-aceleram-obras>. Acesso em: 05 de Out. 2018

CAVALHEIRO, O. P. . **Alvenaria estrutural: tão antiga e tão atual**. Jornal da ANICER - Edição Especial, Salvador, p. 4, 30 ago. 1999.

CAVALHEIRO, O. P. . **Blocos cerâmicos para alvenaria**. Guia Cerâmica Sul, Criciúma, Santa Catarina, p. 26 - 27, Acesso em: 03 de Mai. 2019 .

CENTRO INDUSTRIAL EMPRESARIAL DE MINAS GERAIS. **CADASTRO INDUSTRIA DE MINAS GERAIS**. Disponível em: <<https://www.cadaastroindustrialmg.com.br:449/>>. Acesso em: 15 de Mai. 2019.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de Concreto**. Disponível em: < <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/2/vantagens/viabilidade/20/vantagens.html>>. Acesso em: 24 de Set. 2018

CONTRIBUIÇÃO AO PROJETO ESTRUTURAL DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/static/media/producao/1998ME_KristianeMattarAccetti.pdf>. Acesso em: 03 de Mai. 2019.

DICIONÁRIO DA LÍNGUA PORTUGUESA. Michaelis. Disponível em: < <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/como-consultar/referencias-bibliograficas/>> Acesso em: 20 de Jul 2019.

FARIA, Renato. **Paredes maciças**. Revista Técnica, São Paulo, v. 143, n. 17, fev. 2009. Disponível em: Acesso em: 22 de Set. 2018

FRANCO, L. S, AGOPYAN, V. **Racionalização dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. In: International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, 5th, 1994, Florianópolis. Proceedings... Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade of Edinburgh, 1994, p. 497-508.

FREITAS JR., J. de A. Construção Civil II (TC-025): **Alvenaria Estrutural**. Ministério da Educação Universidade Federal do Paraná Setor de Tecnologia. 2013.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil**. 2 ed. Belo Horizonte: Centro de Estatísticas e Informações, 2005. Disponível em: Acesso em: 15 de Set. 2018

GALVÃO, M. C. B. **Levantamento bibliográfico e a pesquisa científica**. Barueri, 2011. Disponível

em:<http://www2.eerp.usp.br/Nepien/DisponibilizarArquivos/Levantamento_bibliografico_CristianeGalv.pdf>. Acesso em: 05 de fev. de 2019.

HOLZ, Sheila. MONTEIRO, Tatiana Villela de Andrade. **Política de habitação social e o direito à moradia no Brasil**. Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/-xcol/158.htm>>. Acesso em: 10 de Out. 2018.

KALIL, Sílvia Baptista; LEGGERINI, Maria Regina. **Estruturas Mistas – Concreto Armado X Alvenaria Estrutural**. Curso de Graduação. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2009.

LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. **Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica**. Florianópolis, 2007. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-49802007000300004>. Acesso em: 22 de Fev. 2019.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: O nome da rosa, 2007.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. **Paredes de concreto**. Revista Técnica. São Paulo, v. 147, n. 17. Julho 2009. Acesso em: 05 de Set. 2018

MOHAMAD, G. et al. **CONSTRUÇÕES EM ALVENARIA ESTRUTURAL** - Materiais, projeto e desempenho. Ed. Blucher, São Paulo, 2015.

NBR 10837 – **CÁLCULO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO**. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/30914178/NBR-10837-Calculo-de-alvenaria-estrutural-de-blocos-vazados-de-concreto-scan-Petrobras>>. Acesso em: 20 out 2018.

OLIVEIRA, F. L.; HANAI, J. B. **Análise do importamento de paredes de alvenaria recuperadas com revestimentos resistentes**. Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 1998.

PARSEKIAN, Guilherme Aris; HAMID, Ahmad Ahmad; DRYSDALE, Robert George. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. São Carlos: EdUFSCar, 2013. 625p.

PINHEIRO, Libânio M. **Fundamentos do Concreto e Projetos de Edifícios**. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2007.

PREFEITO ANUNCIA CONSTRUÇÃO DE 346 CASAS POPULARES EM PARACATU. Disponível em: < <http://paracatu.net/view/1739-prefeito-anuncia-construcao-de-346-casas-populares-em-paracatu>>. Acesso em: 23 de Mar. 2019

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

RECURSOS MINERAIS DE MINAS GERAIS – RMMG. Recurso para cerâmica e Vidreira. Disponível em: <<http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/recursos-industria-ceramica-e-vidreira/>>. Acesso em: 20 de Jul. 2019

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia.** 1989. 321p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

SILVA, A. M.; COSTA C. G. **Alvenaria Estrutural Com Bloco Cerâmico,** Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina. Santa Catarina, 2007.

SILVESTRE, Michelli. **Alvenaria estrutural em pauta,** 2013. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/noticias/alvenaria-estrutural-empauta#.VGViewnF-2d>>. Acesso em: 14 de Mar. 2019.

UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA – UNAMA. **Alvenaria.** Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAiOIAF/alvenaria-vedacao>. Acesso em 24 de março de 2019.

VASCONCELOS, Graça, et al. **Alvenaria armada: Soluções inovadoras em Portugal.** Departamento de Engenharia Civil – Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 2007.

VOTORANTIM CIMENTOS. **Bloco cerâmico ou bloco de concreto.** Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/bloco-ceramico-ou-de-concreto/>>. Acesso em 15 de abril de 2019.

WENDLER, A. **Curso sobre projeto de alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto.** 1999. 92p. Apostila do Curso de alvenaria estrutural da Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo.

APÊNDICE A – Planilha Orçamentária de Consumo de Alvenaria Estrutural

| PLANILHA ORÇAMENTÁRIA-CONSUMO ALVENARIA ESTRUTURAL | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------|--|---------|------------|-------------------|--|-------------------|----------------------|-----------------------|
| Objeto: | | | | | | | BDI= 28,19% | | | |
| Endereço: | | | | | | | Base de Referências: SETOP TRIÂNGULO MG | | | |
| Valor Total | | | | | | | 03/2019 | | | |
| Valor Total: quinze mil, duzentos e cinquenta e nove reais e noventa e nove centavos. | | | | | | | | | | |
| Item | Fonte | Código | Descrição | Unidade | Quantidade | Custo mão de obra | Custo material | Valor mão de obra | Valor material | Valor Total (COM BDI) |
| 1.0 | ALVENARIA ESTRUTURAL | | | | | | | | | 15.259,99 |
| 1.1 | SAPATA CORRIDA | | | | | | | | | 3.003,78 |
| 1.1.1 | SINAPI MG | 96522 | ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA, SEM PREVISÃO DE FORMA. AF_06/2017 | M3 | 2,73 | 72,09 | 26,31 | 196,81 | 71,83 | R\$ 288,88 |
| 1.1.2 | SETOP MG | ARM-AÇO-005 | CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-50 DIÂMETRO (6,3MM A 12,5MM) | KG | 70,00 | 2,22 | 5,19 | 155,40 | 363,30 | R\$ 621,11 |
| 1.1.3 | SINAPI MG | 92873 | LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015 | M3 | 4,22 | 103,82 | 38,66 | 438,12 | 163,15 | R\$ 647,26 |
| 1.1.4 | SINAPI MG | 94985 | CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2:3:2,7 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016 | M3 | 4,22 | 39,43 | 236,64 | 166,39 | 998,62 | R\$ 1.446,53 |
| 1.2 | GRAUTE | | | | | | | | | 426,22 |
| 1.2.1 | SINAPI MG | 89993 | GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_01/2015 | M3 | 0,36 | 210,54 | 337,88 | 75,79 | 121,64 | R\$ 231,72 |
| 1.2.2 | SETOP MG | ARM-AÇO-005 | CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-50 DIÂMETRO (6,3MM A 12,5MM) | KG | 21,92 | 2,22 | 5,19 | 48,66 | 113,76 | R\$ 194,50 |
| 1.3 | VERGA, CONTRA VERGA E CINTAMENTO | | | | | | | | | 1.689,36 |
| 1.3.1 | SETOP MG | CIN-BLO-040 | CINTA DE AMARRAÇÃO DE ALVENARIA COM BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL, CANALETA TIPO "J", ESP. 14 CM, (FBK 4,5 MPa), COM ACABAMENTO APARENTE, INCLUSIVE ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO | M | 78,60 | 5,80 | 5,75 | 455,88 | 451,95 | R\$ 1.035,23 |
| 1.3.2 | SETOP MG | ARM-AÇO-005 | CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-50 DIÂMETRO (6,3MM A 12,5MM) | KG | 73,72 | 2,22 | 5,19 | 163,66 | 382,61 | R\$ 654,12 |
| 1.4 | ALVENARIA | | | | | | | | | 10.140,63 |
| 1.4.1 | SETOP MG | ALV-BLO-055 | ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCO DE CONCRETO, ESPESURA 14 CM, (FBK 4,5 MPa), COM ACABAMENTO APARENTE, INCLUSIVE ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO | M2 | 122,00 | 20,77 | 22,00 | 2.533,94 | 2.684,00 | R\$ 5.974,56 |
| 1.4.2 | SINAPI MG | 87369 | REBOCO EM ALVENARIA COM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA, PREPARO MANUAL. AF_06/2014 | M3 | 8,17 | 105,42 | 315,55 | 861,28 | 2.578,04 | R\$ 4.166,08 |
| Valor Total: quinze mil, duzentos e cinquenta e nove reais e noventa e nove centavos. | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Preço total com BDI: | 15.259,99 |

APÊNDICE B – Planilha Orçamentária de Concreto Armado

| PLANILHA ORÇAMENTÁRIA-CONSUMO EM CONCRETO ARMADO | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--|--|---------|------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-----------------------|
| Objeto: | | BDI= 28,19% | | | | | | | | |
| Endereço: | | Base de Referências: SETOP TRIÂNGULO MG | | | | | | | | |
| Valor Total | | 03/2019 | | | | | | | | |
| Valor Total: vinte e três mil, quatrocentos e oitenta e um reais e trinta e três centavos. | | | | | | | | | | |
| Item | Fonte | Código | Descrição | Unidade | Quantidade | Custo mão de obra | Custo material | Valor mão de obra | Valor material | Valor Total (COM BDI) |
| 1.0 CONCRETO ARMADO | | | | | | | | | | |
| 1.1 SAPATA E BALDRAMES | | | | | | | | | | |
| 1.1.1 | SINAPI MG | 96522 | ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA, SEM PREVISÃO DE FORMA. AF_06/2017 | M3 | 6,01 | 72,09 | 26,31 | 433,26 | 158,12 | R\$ 635,96 |
| 1.1.2 | SETOP MG | ARM-AÇO-005 | CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-50 DIÂMETRO (6,3MM A 12,5MM) | KG | 157,86 | 2,22 | 5,19 | 350,45 | 819,29 | R\$ 1.400,70 |
| 1.1.3 | SINAPI MG | 92873 | LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015 | M3 | 4,87 | 103,82 | 38,66 | 505,60 | 188,27 | R\$ 746,95 |
| 1.1.4 | SINAPI MG | 94985 | CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2:3:2,7 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016 | M3 | 4,87 | 39,43 | 236,64 | 192,02 | 1.152,44 | R\$ 1.669,33 |
| 1.2 PILARES | | | | | | | | | | |
| 3.983,83 | | | | | | | | | | |
| 1.2.1 | SINAPI MG | 92417 | MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,25 MP, PE-DIREITO DUPLO, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015 | M2 | 27,36 | 44,10 | 46,67 | 1.206,58 | 1.276,89 | 2.843,42 |
| 1.2.2 | SETOP MG | ARM-AÇO-005 | CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-50 DIÂMETRO (6,3MM A 12,5MM) | KG | 70,93 | 2,22 | 5,19 | 157,46 | 388,13 | 620,37 |
| 1.2.3 | SINAPI MG | 92873 | LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015 | M3 | 1,03 | 103,82 | 38,66 | 106,93 | 39,82 | 157,98 |
| 1.2.4 | SINAPI MG | 94985 | CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2:3:2,7 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016 | M3 | 1,03 | 39,43 | 236,64 | 40,61 | 243,74 | 353,06 |
| 1.2 VIGAS | | | | | | | | | | |
| 4.258,48 | | | | | | | | | | |
| 1.2.1 | SINAPI MG | 92451 | MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015 | M2 | 22,81 | 37,71 | 59,45 | 860,17 | 1.356,05 | 2.598,49 |
| 1.2.2 | SETOP MG | ARM-AÇO-005 | CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-50 DIÂMETRO (6,3MM A 12,5MM) | KG | 120,54 | 2,22 | 5,19 | 267,60 | 625,60 | 1.069,56 |
| 1.2.3 | SINAPI MG | 92873 | LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015 | M3 | 1,19 | 103,82 | 38,66 | 123,55 | 46,01 | 182,52 |
| 1.2.4 | SINAPI MG | 94985 | CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2:3:2,7 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016 | M3 | 1,19 | 39,43 | 236,64 | 46,92 | 281,60 | 407,91 |
| 1.3 VERGA E CONTRA VERGA | | | | | | | | | | |
| 546,16 | | | | | | | | | | |
| 1.3.1 | SETOP MG | CIN-BLO-040 | CINTA DE AMARRAÇÃO DE ALVENARIA COM BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL CANALETA TIPO "J", ESP. 14 CM, (FBK 4,5 MPA), COM ACABAMENTO APARENTE, INCLUSIVE ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO | M | 26,70 | 5,80 | 5,75 | 154,86 | 153,53 | R\$ 351,66 |
| 1.3.2 | SETOP MG | ARM-AÇO-005 | CORTE, DOBRA E MONTAGEM DE AÇO CA-50 DIÂMETRO (6,3MM A 12,5MM) | KG | 21,92 | 2,22 | 5,19 | 48,66 | 113,76 | R\$ 194,50 |
| 1.5 ALVENARIA | | | | | | | | | | |
| 10.239,92 | | | | | | | | | | |
| 1.5.2 | SETOP MG | ALV-TUJ-030 | ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM TUJO CERÂMICO FURADO, ESP. 14 CM, PARA REVESTIMENTO, INCLUSIVE ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO | M2 | 121,00 | 20,56 | 18,55 | 2.487,76 | 2.244,55 | R\$ 5.365,05 |
| 1.5.2 | SINAPI MG | 87369 | REBOCO EM ALVENARIA COM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA, PREPARO MANUAL. AF_06/2014 | M3 | 9,56 | 105,42 | 315,55 | 1.007,82 | 3.016,66 | R\$ 4.874,87 |
| Valor Total: vinte e três mil, quatrocentos e oitenta e um reais e trinta e três centavos. | | | | | | | | | | Preço total com BDI: |
| | | | | | | | | | | 23.481,33 |

APÊNDICE C – Quadro de Composição de Serviços

| Quadro de Composição do BDI - Serviços | | | | | | |
|--|----------------|---------------|-----------|------------|--------------------|------------|
| TIPO DE OBRA DO EMPREENDIMENTO Construção e Reforma de Edifícios | | | | | DESONERAÇÃO Sim | |
| Conforme legislação tributária municipal, definir estimativa de percentual da base de cálculo para o ISS: | | | | | 50,00% | |
| Sobre a base de cálculo, definir a respectiva alíquota do ISS (entre 2% e 5%): | | | | | 4,00% | |
| Itens | Siglas | % Adotado | Situação | 1º Quartil | Médio | 3º Quartil |
| Administração Central | AC | 4,00% | - | 3,00% | 4,00% | 5,50% |
| Seguro e Garantia | SG | 0,80% | - | 0,80% | 0,80% | 1,00% |
| Risco | R | 1,27% | - | 0,97% | 1,27% | 1,27% |
| Despesas Financeiras | DF | 1,23% | - | 0,59% | 1,23% | 1,39% |
| Lucro | L | 7,27% | - | 6,16% | 7,40% | 8,96% |
| Tributos (impostos COFINS 3%, e PIS 0,65%) | CP | 3,65% | - | 3,65% | 3,65% | 3,65% |
| Tributos (ISS, variável de acordo com o município) | ISS | 2,00% | - | 0,00% | 2,50% | 5,00% |
| Tributos (Contribuição Previdenciária sobre a Receita Bruta - 0% ou 4,5% - Desoneração) | CPRB | 4,50% | OK | 0,00% | 4,50% | 4,50% |
| BDI SEM desoneração (Fórmula Acórdão TCU) | BDI PAD | 22,08% | OK | 20,34% | 22,12% | 25,00% |
| BDI COM desoneração | BDI DES | 28,19% | OK | | | |
| <p>Os valores de BDI foram calculados com o emprego da fórmula:</p> $BDI.DES = \frac{(1+AC + S + R + G) * (1 + DF) * (1+L)}{(1-CP-ISS-CRPB)} - 1$ | | | | | | |
| <p>Declaro para os devidos fins que, conforme legislação tributária municipal, a base de cálculo para Construção e Reforma de Edifícios, é de 50%, com a respectiva alíquota de 4%.</p> | | | | | | |
| <p>Declaro para os devidos fins que o regime de Contribuição Previdenciária sobre a Receita Bruta adotado para elaboração do orçamento foi COM Desoneração, e que esta é a alternativa mais adequada para a Administração Pública.</p> | | | | | | |