

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

**VERIFICAÇÃO ECONÔMICA DA CONSTRUÇÃO EM SISTEMA DE ALVENARIA  
ESTRUTURAL COMPARADA COM SISTEMA CONSTRUTIVO  
EM CONCRETO ARMADO**

**TEÓFILO OTONI  
2018**

**SAMUEL PEREIRA SANTOS  
THARGUS REBOUÇAS BORGES**

**FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**VERIFICAÇÃO ECONÔMICA DA CONSTRUÇÃO EM SISTEMA DE ALVENARIA  
ESTRUTURAL COMPARADA COM SISTEMA CONSTRUTIVO  
EM CONCRETO ARMADO**

**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: Processos  
construtivos**

**Orientador: Prof. MSc Marcos Túlio  
Fernandes**

**TEÓFILO OTONI**

**2018**



## **FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

### **FOLHA DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de conclusão de curso intitulado VERIFICAÇÃO ECONÔMICA DA CONSTRUÇÃO EM SISTEMA DE ALVENARIA ESTRUTURAL COMPARADA COM SISTEMA CONSTRUTIVO EM CONCRETO ARMADO, elaborados pelos alunos SAMUEL PEREIRA SANTOS e THARGUS REBOUÇAS BORGES 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, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Orientador

---

Examinador

---

Examinador

*Dedico este trabalho ao meu pai Alvedi e minha mãe Gleide, que sempre me apoiaram e acreditaram na minha capacidade de vencer qualquer obstáculo.*

Samuel Pereira Santos

*Dedico este trabalho aos meus pais que me apoiaram e foram pacientes e em especial a meu filho Cauã, que com muito carinho e compreensão foi o estímulo para que concluísse esta etapa.*

Thargus Rebouças Borges

## **AGRADECIMENTOS**

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

Ao nosso orientador Marcos Túlio Fernandes, pelo suporte e incentivo tornando possível a conclusão da pesquisa.

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

## **ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

BDI - Benefício Direto Indireto

CAIXA - Caixa Econômica Federal

GEPAD - Gerência Nacional de Gestão, Padronização e Normas Técnicas

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora

PBQP-H - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Central Parque da Lapa 1972 .....	26
Figura 2 - Esquema da alvenaria estrutural.....	28
Figura 3 - Tipos de bloco de concreto .....	30
Figura 4 - Tipos de tijolo cerâmico estrutural.....	31
Figura 5 - Função dos blocos cerâmicos.....	32
Figura 6 - Tamanhos de tijolo cerâmico .....	37
Figura 7 - Parede de uma vez e meia vez.....	38
Figura 8 - Planta baixa .....	44
Figura 9 - Vista isométrica do projeto estrutural em concreto armado .....	46
Figura 10 - Vista isométrica de projeto estrutural em alvenaria estrutural.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação do custo da etapa de fundações entre concreto armado e alvenaria de vedação.....	49
Tabela 2 - Comparação do custo da etapa de supra estrutura entre concreto armado e alvenaria estrutural .....	50
Tabela 3 - Comparação do custo de execução de alvenaria entre concreto armado e alvenaria estrutural .....	51
Tabela 4 - Comparação do custo da etapa de revestimentos entre concreto armado e alvenaria estrutural .....	52
Tabela 5 - Comparação do custo da etapa de instalação elétrica entre concreto armado e alvenaria estrutural .....	53
Tabela 6 - Comparação do custo da etapa de instalação hidráulica entre concreto armado e alvenaria estrutural .....	53
Tabela 7 - Comparação do custo global das etapas de construção entre concreto armado e alvenaria estrutural .....	54

## RESUMO

A técnica de alvenaria estrutural vem sendo muito vez mais utilizada na construção civil, devido a sua rapidez de execução e economia no custo final da obra. Visto isto o presente trabalho visa a disseminação da utilização de alvenaria estrutural e a elaboração de comparativos orçamentários que originou na necessidade de apresentar método construtivo com preço mais acessível comparando a alvenaria estrutural com o método construtivo em concreto armado. Para se chegar a estes resultados foram realizados projetos e cálculos estruturais, auxiliado pelo CYPECAD© afim 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:** Alvenaria estrutural. Orçamento. Economia. Estrutura.

## **ABSTRACT**

The structural masonry technique has been used more and more in civil construction due to its speed of execution and economy in the final cost of the work. Considering this, the present work aims at the dissemination of the use of structural masonry and the elaboration of budget comparisons that originated in the need to present a constructive method with a more affordable price comparing structural masonry with the constructive method in reinforced concrete. In order to reach these results, projects and structural calculations were carried out, assisted by CYPECAD © in order to dimension the elements, and the budget worksheet of the work was elaborated. 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:** Structural masonry. Budget. Economy. Structure.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	23
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	25
<b>2.1 Construções em alvenaria estrutural</b> .....	25
<b>2.2 Situação da construção em alvenaria estrutural no Brasil</b> .....	27
<b>2.3 Sistema construtivo de alvenaria estrutural</b> .....	27
2.3.1 <i>Tipos de blocos</i> .....	29
2.3.3 <i>Graute</i> .....	33
2.3.4 <i>Concepção estrutural</i> .....	34
<b>2.4 Sistema construtivo de concreto armado</b> .....	34
2.4.1 <i>Elementos de construção em concreto armado</i> .....	35
2.4.1.1 <i>Laje</i> .....	35
2.4.1.2 <i>Vigas</i> .....	35
2.4.1.3 <i>Pilares</i> .....	36
2.4.1.4 <i>Fundações</i> .....	36
2.4.1.5 <i>Vedação</i> .....	37
<b>2.5 Indicadores de economia</b> .....	38
<b>2.6 Composições de custo</b> .....	40
<b>3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA</b> .....	43
<b>3.1 Classificação da pesquisa quanto ao fins</b> .....	43
<b>3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios</b> .....	43
3.2.1 <i>Projeto base</i> .....	43
3.2.2 <i>Projetos complementares</i> .....	44
3.2.3 <i>Projeto estrutural</i> .....	45
3.2.4 <i>Elaboração da planilha</i> .....	47
<b>3.3 Tratamento de dados</b> .....	48
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	49
<b>4.1 Comparação no custo da fundação</b> .....	49
<b>4.2 Comparação no custo com supraestrutura</b> .....	50
<b>4.3 Comparação no custo da alvenaria</b> .....	50
<b>4.4 Comparação no custo do revestimento</b> .....	51
<b>4.5 Comparação no custo de instalações elétricas e hidráulicas</b> .....	52
<b>4.6 Comparação no custo global da obra</b> .....	53

<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE A - PLANILHA ORÇAMENTÁRIA EM CONCRETO ARMADO .....</b>	<b>Erro!</b>
<b>Indicador não definido.</b>	
<b>APÊNDICE B - MEMÓRIA DE CÁLCULO DO CONCRETO ARMADO .....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE C - TABELA DE AÇO .....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE D - PLANILHA ORÇAMENTÁRIA EM ALVENARIA ESTRUTURAL...</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICE E - MEMÓRIA DE CÁLCULO EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....</b>	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país em desenvolvimento no qual a construção em concreto armado é um método construtivo que tem como elementos de fechamento dos ambientes a alvenaria de blocos vazados. Antes da chegada de novos materiais todas as casas eram feitas utilizando o mesmo método construtivo, se tornando o mais difundido. A partir da década de 90 houve um forte movimento na conscientização da utilização de alvenarias estruturais, em que a própria alvenaria serve como estrutura que resiste ao carregamento, como suporte para as instalações elétricas e hidrossanitárias a fim de evitar aberturas na estrutura e desperdício de material (SANTOS, 2001).

Cada vez mais é recorrente a utilização da alvenaria estrutural como método construtivo, devido aos benefícios econômicos e de produtividade quando comparado com outros métodos construtivos. São construções capazes de resistir ao peso próprio e ao carregamento solicitante, que confere ao processo de construção maior qualidade. A metodologia construtiva exige procedimentos padronizados de execução e treinamento de mão de obra especializada para realização dos projetos simultâneos (CAMACHO, 2006).

Em pesquisas realizadas por Camacho (2006), Kageyama; Kishi; Meirelles (2009) apontam que o uso de alvenaria estrutural reporta uma economia que podem variar entre 10% e 30% do valor global conforme critérios mencionados por Silva *et al.* (2004) em que fatores como região da obra, tipologia arquitetônica, uso de equipe especializada, número de pavimentos, disponibilidade do material e tempo de execução do empreendimento podem interferir na porcentagem econômica obtida.

Visto as vantagens pelo sistema construtivo em alvenaria estrutural, quando comparada com a de concreto armado, o presente trabalho tem como objetivo a comparação orçamentária entre o sistema construtivo em alvenaria estrutural e o sistema construtivo em concreto armado, e confrontar os resultados de cada etapa de construção.

Para alcançar os resultados foi realizado um estudo experimental em residência unifamiliar, com o objetivo de avaliar se existe economia na utilização de construção em alvenaria estrutural, através dos objetivos específicos que foram relacionar as vantagens da alvenaria estrutural, contribuir para o aumento da prática

no mercado, analisar os resultados e indicar através de fatores econômicos qual dos sistemas construtivos possui um maior desempenho custo benefício.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Construções em alvenaria estrutural

A alvenaria de pedras e tijolos é empregada na civilização em diversas aplicações desde os primórdios da história humana. Com o passar dos anos os materiais empregados e técnicas desenvolvidas foram sendo aperfeiçoadas.

Nos Estados Unidos o edifício Monadnock Building<sup>1</sup> é um exemplo clássico da alvenaria estrutural moderna. Naquela época construção de edificações desse tipo tornaram-se caras devido à quantidade de material utilizado, além da perda de área útil, sendo que a espessura das paredes na base da construção chegava a medir 1,80m, que poderiam não ultrapassar 30cm se fossem empregados os processos e materiais atuais (CORRÊA; RAMALHO; 2003).

De acordo com Alves (2014), a alvenaria estrutural entrou em declínio pois não apresentava vantagens competitivas se comparadas com concreto armado e só foi retomada após a segunda guerra mundial, período em que o aço era utilizado para fabricação de armamento e subsídios.

O marco inicial que alavancou a alvenaria estrutural na Europa ocorreu por experimentações de Paul Haller em 1951 que, construiu um edifício de estrutura não armada em Basileia na Suíça, com 13 pisos e 41,40m de altura, e conduziu a criação de novas normas de projeto e execução, e também nos Estados Unidos em 1966, com o surgimento do primeiro código americano de alvenaria estrutural, o Recommended Building code requirements for Engineered Brick Masonry (SILVA, 2003; ALVES, 2014).

No Brasil iniciou a utilização da alvenaria estrutural na década de 60, apesar do preconceito da população, as características socioeconômicas do país favoreceram a introdução do sistema construtivo e possibilitaram a racionalização e redução dos custos permitindo então uma maior competitividade no mercado, segundo Camacho (2006).

Paralelo ao sucesso da construção em alvenaria estrutural com até quatro pavimentos, incentivado pelo governo para tentar sanar o déficit habitacional, existiu no mesmo período um preconceito em construir grandes edifícios que utilizasse

<sup>1</sup>Edifício construído em Chicago entre 1889 e 1891 com 16 andares e 65m de altura.

alvenaria estrutural, que somente foi superado após a contratação de um engenheiro americano, Green Fever, para auxiliar na construção de um dos primeiros edifícios de alvenaria estrutural em São Paulo, o conjunto habitacional Central Parque da Lapa concluído em 1972 (ALVES, 2014).

A Figura 1 mostra uma visão geral do condomínio Central Parque da Lapa, um conjunto de edifícios residencial e comercial composto por quatro torres de doze pavimentos.

Figura 1 - Central Parque da Lapa 1972



Fonte: Rios / ABCP (1972)

De acordo com Camacho (1986 apud Rauber, 2005), durante um período a falta de investimentos em pesquisas e iniciativas científicas tornou o método obsoleto. Naturalmente houve uma retração do mercado na utilização de alvenaria estrutural que só veio a alavancar e ter maior aceitação no final da década de 80 e início da década de 90 após a instalação da primeira indústria de blocos cerâmicos e da adoção de grandes construtoras, como a ENCOL, em habitações de interesse social. (SANTOS, 2001).

Com isso o produto se tornou mais competitivo e buscou-se novos conceitos de racionalização e compatibilidade de projeto tais como padronização das peças e maior controle de prumo, utilização de elementos pré-fabricados no canteiro e de ferramentas adequadas ao processo construtivo (PRADO NETO; PELUSO; CARVALHO, 2015).

## **2.2 Situação da construção em alvenaria estrutural no Brasil**

A portaria nº 134, de 18 de Dezembro de 1998, criou o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional (PBQP-H), tem por objetivo básico apoiar o esforço brasileiro de modernidade e promover a qualidade e produtividade do setor da construção habitacional com vista a aumentar a competitividade de bens e serviços, contribuindo para o aumento na utilização de alvenaria estrutural (BRASIL, 1998).

No sentido de aumentar a competitividade construtiva as empresas baseiam-se na aplicação de princípios de organização empresarial, com concepção do projeto, finalidade de utilização, planejamento, organização da execução e fases de processo de produção do edifício (CARVALHO, 2004).

Ainda segundo Carvalho (2004), no setor de edificações, devido a fundação da Casa Popular, e as crescentes taxas de urbanização e ocupação, as construtoras sentiram a necessidade de se tornarem mais competitivas e oferecerem habitações com menores custos. Logo buscaram-se alternativas de processos construtivos racionalizados que englobam a maneira de concepção do planejamento da obra, logística do canteiro e tecnologias construtivas.

De acordo com Sousa e Ávila (2014), a deficiência de ação governamental agravou a carência habitacional. Logo o Ministério das Cidades, com a aprovação da Política Nacional de Habitação propuseram medidas integradas para o desenvolvimento urbano das cidades assistida pelas três esferas do poder, municipal, estadual e federal que contemplaram a urbanização de favelas e realocaram famílias em áreas de risco.

## **2.3 Sistema construtivo de alvenaria estrutural**

É um método construtivo no qual as paredes são construídas com blocos definidos para a finalidade específica de projeto e utilização, da qual fazem parte da estrutura da edificação e suportam as cargas verticais e horizontais (TIMBÓ; LOPES, 2014; PEREIRA, 2012).

A alvenaria estrutural armada consiste na colocação de armaduras envolvidas com graute nas juntas horizontais bem como nas células verticais dos blocos, que

fazem com que a alvenaria estrutural ganhe a capacidade de resistir à tração (GREGÓRIO,2010; PEREIRA, 2012).

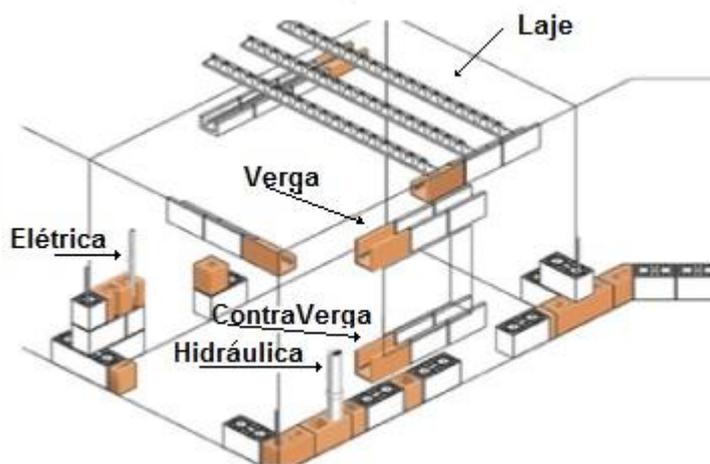
A concepção dos projetos arquitetônico e estrutural devem ser desenvolvidos em sincronia com os projetos complementares para definição dos pontos de passagens e reforços da estrutura.

Recomenda-se que as áreas molhadas fiquem concentradas na mesma região. A passagem da tubulação deve ser realizada em paredes que não exista graute para embutimento ou através de shafts e forros falsos, permitindo assim um fácil acesso caso seja necessária a verificação e manutenção, observa-se que quanto mais próximos do shaft melhor a racionalização da tubulação e otimização da prumada (TAUIL; NESSE, 2010).

Segundo Nonato (2013), o detalhamento das tubulações elétricas deverá ser feito sempre na direção vertical, com os furos dos blocos também na direção vertical e nunca fazer aberturas na parede pois compromete a segurança estrutural devido a redução da seção resistente. As caixas e quadros de distribuição e de passagem devem estar especificadas no projeto para fácil interpretação durante a execução simultânea de elevação das paredes.

A Figura 2 representa a disposição da modulação dos blocos e suas funções como por exemplo conduzir as instalações elétricas e hidráulicas.

Figura 2 - Esquema da alvenaria estrutural



Fonte: Colotto (2011)

### 2.3.1 Tipos de blocos

No mercado existem blocos de diferentes tipos de material e tamanho, eles podem ser cerâmicos, de concreto ou sílico-calcáreos. Antes da escolha do material deve se ter um prévio conhecimento das características do material e resistência para tomar uma decisão segura, econômica e com conforto ambiental para adequar a finalidade da construção (ACCETTI, 1998).

No Brasil a maioria das construções em alvenaria estrutural foram feitas com blocos de concreto pré-moldados empregado com função estrutural por apresentarem uma maior resistência porém com custo elevado devido ao processo de fabricação. Estes blocos podem ser encontrados em diferentes formas e tamanhos apropriados para a modulação.

Segundo a ABNT - NBR 6136 (2016), os blocos de concreto são classificados em A, B e C conforme a sua indicação de uso e resistência à compressão conforme quadro 1.

Quadro 1 - Requisitos para resistência característica à compressão

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial <sup>a</sup> MPa	Absorção %				Retração <sup>d</sup> %
			Agregado normal <sup>b</sup>		Agregado leve <sup>c</sup>		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$			

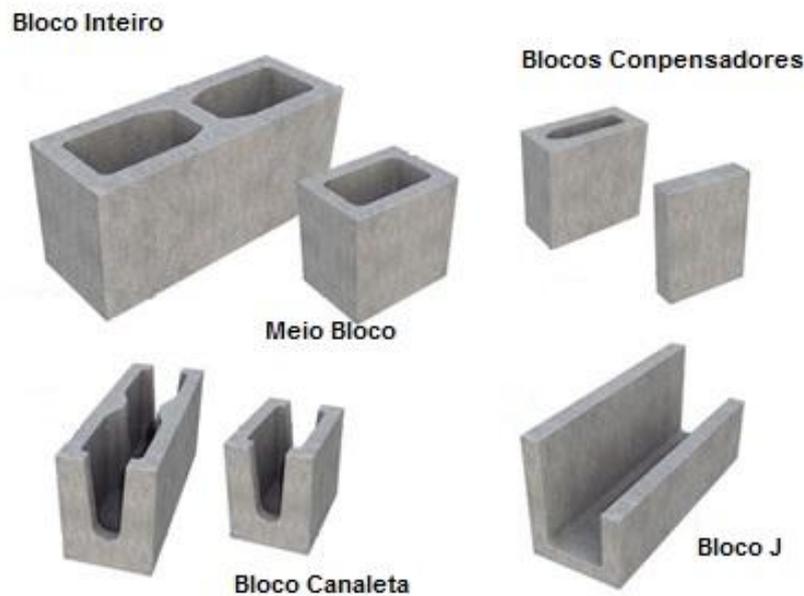
<sup>a</sup> Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.  
<sup>b</sup> Blocos fabricados com agregado normal (ver definição na ABNT NBR 9935).  
<sup>c</sup> Blocos fabricados com agregado leve (ver definição na ABNT NBR 9935).  
<sup>d</sup> Ensaio facultativo.

Fonte: ABNT - NBR 6136 (2016)

A Figura 3 apresenta os tipos de blocos de concreto disponíveis no mercado e sua função. Existe o bloco inteiro, o meio bloco e os blocos compensadores utilizados para fazer as paredes estruturais, o bloco canaleta é utilizado para verga, contraverga e respaldo de lajes e os blocos em "J" são utilizados como cinta de

amarração e se estendem por toda a extensão das paredes estruturais e substituí as formas de madeira.

Figura 3 - Tipos de bloco de concreto



Fonte: Beneventi (2014)

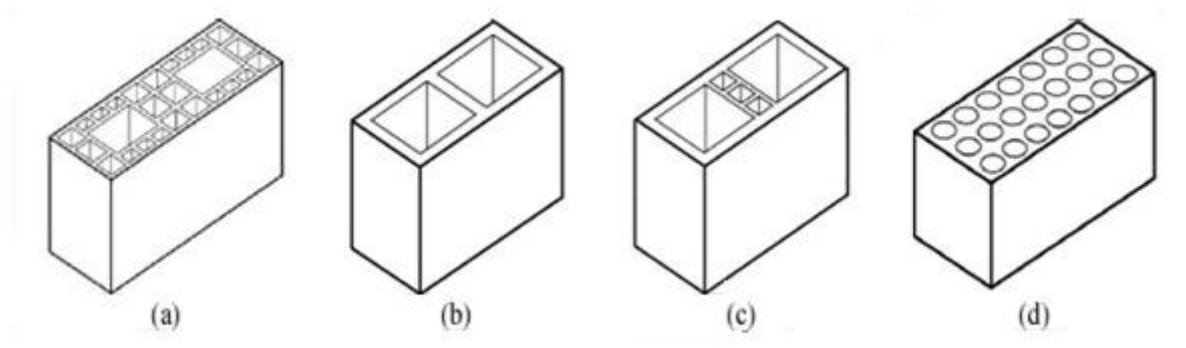
De acordo com a ABNT - NBR 14974 (2003), são blocos de alvenaria estrutural fabricados com cal e agregados finos com natureza predominante quartzo, são muito utilizados nos países europeus, é um produto que oferece alta resistência a compressão, conforme sua classe pode resistir a 35MPa, possui padrão de qualidade e conforto superiores e podem ser dispensados os revestimentos internos até mesmo pintura.

O bloco cerâmico, segundo a ABNT - NBR 15270 (2005), é um componente da alvenaria estrutural que possui furos prismáticos perpendiculares à face que as contém fabricado por conformação plástica de matéria-prima argilosa e queimado a elevadas temperaturas. Estes blocos possuem facilidade de manuseio por causa de sua baixa densidade e apresenta preço de custo competitivo (LIMA, 2012)

A Figura 4 apresenta as diferentes formas e aplicações dos blocos cerâmicos e onde são empregados. O elemento 4(a) é o bloco cerâmico estrutural de parede vazada empregada na alvenaria estrutural não armada e armada; 4(b) e (c) são os blocos cerâmicos estruturais com parede externa maciça porém um possui parede interna vazada, ambas são empregados para alvenaria estrutural armada e não armada; o 4(d) é o bloco cerâmico estrutural perfurado, cujos vazados são

distribuídos em toda a sua face de assentamento, são empregados na alvenaria estrutural não armada.

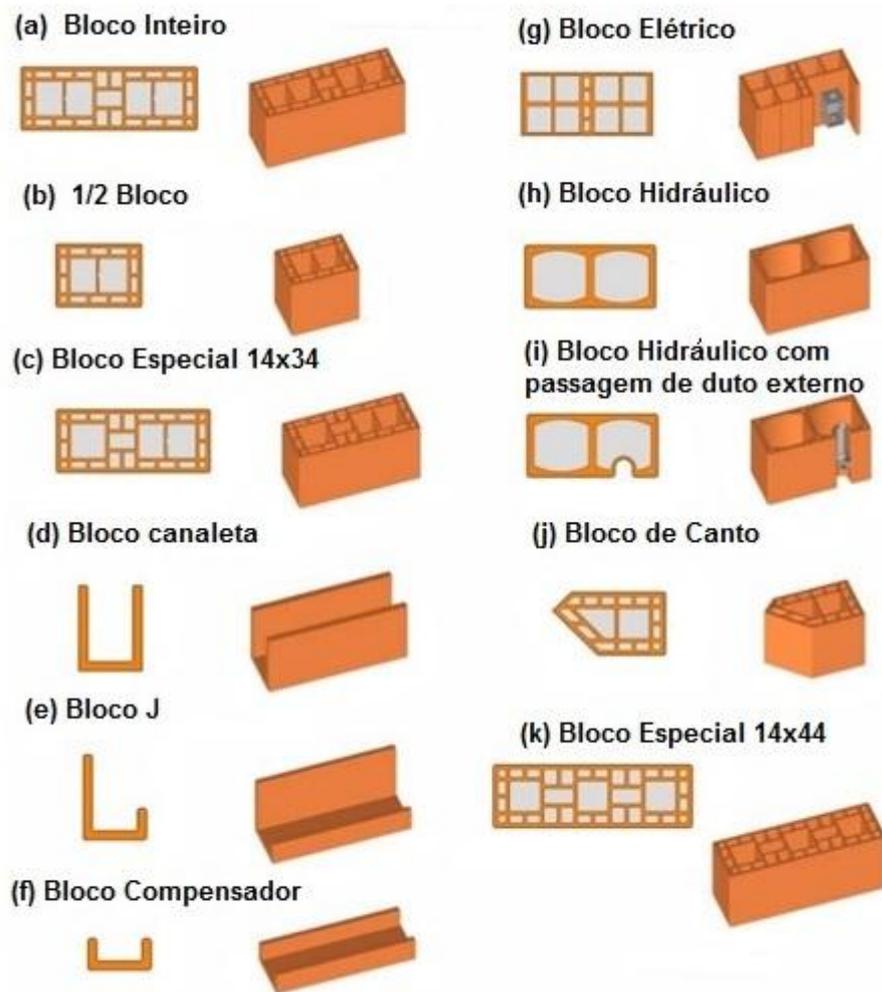
Figura 4 - Tipos de tijolo cerâmico estrutural



Fonte: NBR-15720

Cada tipo de bloco apresentado na Figura 5 possui uma função na alvenaria estrutural. O elemento 5 (a, b, c e k) são os blocos usados para fazer a maior parte da parede e correspondem a um bloco inteiro, meio bloco ou blocos especiais do tamanho de um bloco e meio; elemento (f) bloco compensador utilizado para atingir a medida necessária da parede sem serrar as peças; o elemento (d) é o bloco canaleta em "U" utilizado para sustentar portas e janelas; o elemento (e) é a canaleta em "J" que formam as cintas de amarração, utilizados para fazer o encaixe entre a parede e a laje; o elemento (g) é o bloco elétrico com passagem para os condutos; o elemento (h e i) são blocos hidráulicos para passagem de duto de água e o elemento (j) é o bloco de canto ou 45° utilizados para fazer os cantos sem precisar de usar amarrações.

Figura 5 - Função dos blocos cerâmicos



Fonte: Camacho (2006)

### 2.3.2 Argamassa de assentamento

É uma mistura composta de cimento, agregado miúdo, água e cal misturados na proporção correta com função de unir as unidades de bloco, garantir a vedação e proporcionar aderência com a armadura e compensar as juntas (CAMACHO, 2006).

Segundo Kalil (2013), o tipo de argamassa a ser usado depende da função que a parede vai exercer, do tipo de bloco utilizado e do tipo de exposição que está sujeita.

As normas Britânicas e Americanas especificam quatro padrões de argamassa mista, são elas tipo M, S, N e O, que classificam quanto ao seu uso e traço (CAMPOS, 1992).

As argamassas tipo M são recomendadas para alvenaria em contato com o solo, como fundações e muros de arrimo, as do tipo S são recomendadas para alvenarias sujeitas a esforços de flexão, já o tipo N é recomendado para uso geral em alvenarias expostas sem contato com o solo e tipo O pode ser usada em alvenaria de unidades maciças onde a tensão de compressão não ultrapasse 0,70 MPa e não esteja exposta em meio agressivo.

Segundo Pastro (2007), a argamassa distribui a carga para os blocos nela apoiada portanto deve ter resistência de 70% a 100% da resistência do próprio bloco complementa Kalil (2013), que quando se utiliza cimento em excesso aumenta a contração da argamassa que prejudica a durabilidade da aderência.

### 2.3.3 Graute

O graute é uma mistura feita com os mesmos materiais utilizados no concreto armado a diferença está no tamanho do agregado que não pode ultrapassar 9,5 mm (CAMACHO, 2006). O graute apresenta características de alta fluidez e ótima trabalhabilidade para preencher adequadamente os vazios dos blocos onde serão lançados, e aumento da resistência da parede.

O aumento da seção transversal do bloco preenchido com graute combinado com o uso de armadura no seu interior aumentam a resistência à compressão da parede que trabalham de forma monolítica (NONATO, 2013).

### 2.3.4 Concepção estrutural

As construções em alvenaria estrutural possuem design menos arrojados, devido a impossibilidade por exemplo de se projetar paredes em curva. Para a definição da primeira e segunda fiada de blocos deve ser executado um estudo de modulação respeitando os pontos de amarração conforme projeto. Uma vez definida a modulação da primeira e segunda fiada as demais serão a reprodução das mesmas até atingir a altura definida em projeto salvo quando da execução de algum elemento especial de reforço da estrutura tais como vergas, contravergas e bloco canaleta.

Segundo Dellatorre (2014), a distribuição dos carregamentos trabalha de forma diferente em alvenaria estrutural, nela o carregamento é distribuído uniformemente sobre a parede, o engenheiro deve atentar para a forma de distribuições dos carregamentos e conhecer minuciosamente os processos construtivos para que ocorra um equilíbrio simétrico nas distribuições das paredes estruturais.

Nesse sentido Nonato (2013) afirma que:

...a utilização da alvenaria estrutural para os edifícios residenciais, parte de uma concepção bastante interessante que é a de transformar alvenaria, originalmente com função exclusiva de vedação, na própria estrutura, nesse caso, a alvenaria precisa ter sua resistência perfeitamente controlada, de forma a se garantir a segurança da edificação, essa necessidade demanda utilização de materiais controlados e uma execução mais cuidadosa.

Ainda segundo Nonato (2013), para tal é exigido um dimensionamento com processos racionais de cálculo com propósito de suportar as cargas além do seu peso próprio, obtido através de um conjunto coeso e rígido de seus elementos como por exemplo os blocos estruturais, argamassa de assentamento, pontos de grauteamento e posição das barras de aço.

## 2.4 Sistema construtivo de concreto armado

Embora o concreto armado não seja o único sistema estrutural presente no mercado, ele ainda é o mais usual em todo o Brasil, além da sua durabilidade, ser

moldável e proteger o aço contra corrosão a união desses dois elementos, proporciona uma estrutura resistente a tração e compressão.

É definido como concreto armado aqueles elementos cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência (NBR 6118 - ABNT, 2014).

#### 2.4.1 Elementos de construção em concreto armado

Devido ao dimensionamento e alto consumo de concreto e aço os elementos estruturais de concreto armado são os principais fatores que elevam o custo da edificação e contribuem para aumento no custo final da obra.

##### 2.4.1.1 Laje

As lajes são elementos planos, bidimensionais, em geral feitas de concreto cuja função principal é transmitir as ações que nela chegam para vigas ou diretamente em pilares que a sustenta, ela tem função de cobertura ou piso (BRUMATTI, 2008).

As lajes apresentam três diferentes tipos que são as, lajes maciças ou moldadas na obra, lajes pré-moldadas ou pré-fabricadas e lajes protendidas. Existem dois tipos de lajes maciças que são as lajes simples, lajes cogumelo ou lajes nervuradas. Já as pré-moldadas apresentam três tipos, são elas, lajes treliçadas com lajotas cerâmicas ou de isopor, painéis treliçados e lajes alveolares. A escolha do tipo de laje a ser usado em uma edificação leva em consideração à necessidade de utilização de cada projeto e os esforços e cargas em que o plano esta sujeito.

##### 2.4.1.2 Vigas

Vigas são elementos lineares e horizontais em que a flexão é predominante, tem como função receber e resistir as cargas perpendiculares ao seu eixo longitudinal, geralmente das lajes, cargas acidentais e cargas pontuais, transmiti-las aos pilares que por sua vez irão transmitir para as fundações. Assim como os pilares

e as lajes, as vigas fazem parte da estrutura de contraventamento, que proporciona estabilidade a estrutura às ações verticais e horizontais (NBR 6118 - ABNT, 2014).

As vigas podem ser hipostáticas, isostática e hiperestática. Cada um destes tipos apresenta um comportamento estrutural diferente, dando mais liberdade a deformações a estrutura ou tornando a mais rígida conforme o tipo de ligação utilizado.

#### *2.4.1.3 Pilares*

Pilares são elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes, tem como função, transmitir as solicitações da superestrutura aos elementos de fundação, contribuir na estabilidade global da estrutura, resistir às ações verticais e horizontais atuantes (NBR 6118 - ABNT, 2014).

Com intuito de proporcionar condições boas de execução, a ABNT - NBR 6118 (2014) estabelecem os parâmetros mínimos para dimensionamento dos pilares para que exerça um bom desempenho estrutural.

Os pilares podem ser classificados como pilares de canto, pilares de borda e pilares internos. Cada um destes deve ser analisado conforme as ações envolvidas estabelecidas pelas normas de dimensionamento estrutural para pilares de concreto armado ou metálicos.

#### *2.4.1.4 Fundações*

São estruturas realizadas em obras com a finalidade de transmitir as cargas de uma edificação para uma camada resistente do solo. As fundações são essenciais no processo de construção de uma edificação, elas podem ser divididas em fundações rasas ou profundas.

É definido como fundação rasa elementos em que a carga é transmitida ao terreno com profundidade de assentamento adjacente inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Incluem-se neste tipo de fundação as sapatas, os blocos, os radier, as sapatas associadas, as vigas de fundação e as sapatas corridas (NBR 6122 - ABNT, 1996).

Fundações profundas são elementos de fundação que transmitem a carga ao terreno pela base, por sua superfície lateral ou por uma combinação das duas, e que está assentado em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3m, salvo justificativa. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas, os tubulões e os caixões (NBR 6122 - ABNT, 1996).

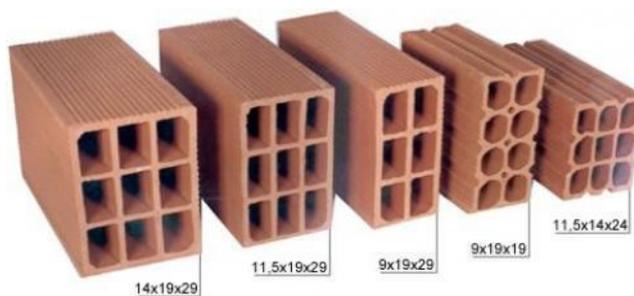
#### 2.4.1.5 Vedação

Na construção em concreto armado as paredes têm a função de vedação, são aquelas destinadas às separações de ambientes. São consideradas apenas de vedação por trabalhar no fechamento de áreas sob estruturas e não apresentam função estrutural (GONZALEZ, 2003).

A forma do tijolo cerâmico pode variar de tamanho e quantidade de furos, mas geralmente são prismáticos, laminados, com ranhuras externas e alveolares como indicado na Figura 6.

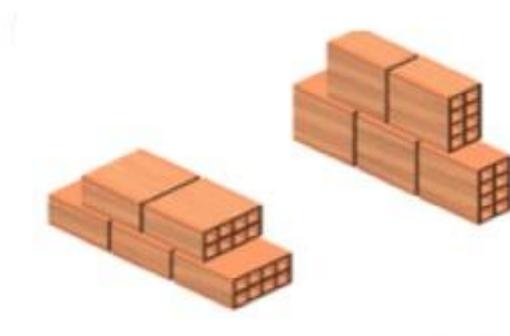
A Figura 7 ilustra a forma de utilização que pode ser de parede de uma vez, quando o tijolo é utilizado deitado ou de meia vez, quando o tijolo é em pé.

Figura 6 - Tamanhos de tijolo cerâmico



Fonte: EW7

Figura 7 - Parede de uma vez e meia vez



Fonte: EW7

## 2.5 Indicadores de economia

Como todo sistema construtivo a ser instalado devem ser observados os seus aspectos técnicos e econômicos para elaborar a orçamentação que inclui identificação, descrição, quantificação e análise de diversos itens efetivos das etapas de construção do produto (ALVES, 2014).

As principais utilidades do orçamento são:

- Levantar os materiais e serviços;
- Obter índices para acompanhamento;
- Dimensionar equipes;
- Possibilitar revisão de valores e índices;
- Realizar simulações;
- Analisar a viabilidade econômico-financeira.

O preço global é obtido quando se soma o orçamento dos custos diretos, que são os custos relacionados diretamente com o produto, como por exemplo mão de obra e matéria-prima, e os custos indiretos que incluem os gastos imprevistos como telefone, água, luz, deslocamento de veículo e impostos. O preço de custo praticado pelas empresas é calculado com acréscimo da taxa de administração referente ao Benefício e Despesa Indireta (BDI) (ALVES, 2014; KAGEYAMA; KISHI; MEIRELLES 2009).

Segundo Pereira (2012) o sistema construtivo de alvenaria estrutural é vantajoso por não exigir a utilização de formas de madeira para a execução de pilar e viga, diminuir o cobrimento dos revestimentos, diminuir a quantidade de aço e redução do desperdício de material e mão de obra. Por haver uma padronização na execução do sistema construtivo de alvenaria estrutural, comparado a concreto armado, é possível obter vantagens que estão relacionadas no quadro 2 em relação à necessidade de cobrimento de falhas que impactam diretamente no custo dos revestimentos.

Quadro 2 - Comparação entre concreto armado e alvenaria estrutural

Concreto Armado	Alvenaria Estrutural
Entre um pavimento e outro, nas estruturas de concreto armado, são necessários os preenchimentos da alvenaria de vedação e o respectivo encunhamento.	Nas alvenarias estruturais, não há necessidade de encunhamentos, visto que são diretamente apoiados nos blocos.
Na estrutura com vigas e pilares de concreto armado, por causa das solicitações do projetista de estruturas, normalmente as dimensões de pilares e vigas não coincidem com as dimensões das alvenarias de vedação, necessitando de requadrações ou de enchimento por meio da argamassa.	Os blocos industrializados apresentam características na padronização das dimensões, obtendo-se alinhamento, nivelamento e prumo em uma parede e não havendo necessidade de requadração ou enchimento, pois não há pilares ou vigas.
No concreto armado, por causa da execução da estrutura e do fechamento com alvenaria de vedação, há a aplicação de dois materiais distintos que sempre apresentam irregularidades nos encontros, o que exige uma regularização da parede interna por meio do chapisco e emboço (massa grossa), antes do revestimento final com massa fina, massa corrida ou gesso.	Na alvenaria estrutural, pelo fato de ser um só material aplicado, há uma grande simplificação, o que dispensa as camadas regularizadoras, permitindo o revestimento final que será aplicado diretamente nos blocos.
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.	Na utilização dos blocos estruturais, os ambientes devem seguir a padronização dos blocos industriais.

<p>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.</p>	<p>Na alvenaria estrutural armada, apesar da possibilidade de execução de vergas, não se aconselham, por causa do custo, dimensões de vãos acima de 2,00 m. As varandas, os balanços e os arcos precisam de adaptações de vigas e lajes de concreto armado.</p>
---	---

Fonte: Próprio

## 2.6 Composições de custo

A orçamentação é um processo de determinação do preço de venda do produto determinado por estimativas de custos que incluem custos diretos<sup>2</sup>, indiretos<sup>3</sup>, impostos e lucratividade. Quanto maior for o nível de conhecimento adquirido pelo orçamentista sobre as atividades executadas mais preciso será o seu detalhamento portanto sua orçamentação será mais eficiente (MATTOS, 2006).

Ainda segundo Mattos (2006), as etapas da orçamentação englobam três fatores essenciais que são o estudo das condicionantes, a composição de custos e a determinação do preço. O estudo das condicionante requer leitura e interpretação do projeto e especificações técnicas bem como visita técnica ao local da obra e conhecimento das regras do edital de licitação. A composição de custos deve ser elaborada pelo orçamentista em parceria com os engenheiros de campo pois, "por mais cuidadoso que seja feito, estará longe de ser completo se excluir algum serviço requerido pela obra" (MATTOS, 2006), portanto e dever do orçamentista a identificação dos serviços, levantamento de quantitativos, discriminação dos custos diretos e indiretos para a cotação dos preços.

A determinação do preço é definida pela lucratividade que se deseja obter na obra, levando em consideração fatores de concorrência, risco do empreendimento e necessidade de ganhar a licitação, diluindo sobre os serviços listados o custo que não aparece explicitado.

Para Andrade e Souza (2002) a mensuração do serviço há de se diferenciar quanto à abordagem da coleta de dados, com critérios próprios adotados pela empresa que elabora a montagem de sua composição de insumos, com base em suas próprias experiências, tempo gasto na produção, média de produção, matérias

<sup>2</sup> - custos que podem ser mensurados e relacionam diretamente a produtos e mão de obra.

<sup>3</sup> - custos estimado para despesas que não podem ser mensuradas. Ex: telefone, gasolina, etc.

utilizados, e mão de obra. Quando adotado a postura de orçar cada subtarefa o orçamento se torna mais preciso.

Do prisma do proprietário o orçamento é o custo global da obra e sua preocupação é como esse montante será desembolsado ao longo do tempo. E do prisma do construtor é a descrição de todos os insumos devidamente multiplicados pelos seus respectivos custos no qual o preço de venda dos serviços é fixo e o custo é variável (MATTOS, 2006).



### **3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA**

#### **3.1 Classificação da pesquisa quanto ao fins**

Trata-se de uma pesquisa explicativa de natureza quantitativa na área de processos construtivos, pois trata de quantificar os materiais, serviços e custos entre alvenaria estrutural e concreto armado 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 141.934 habitantes (IBGE, 2017) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,701.

#### **3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios**

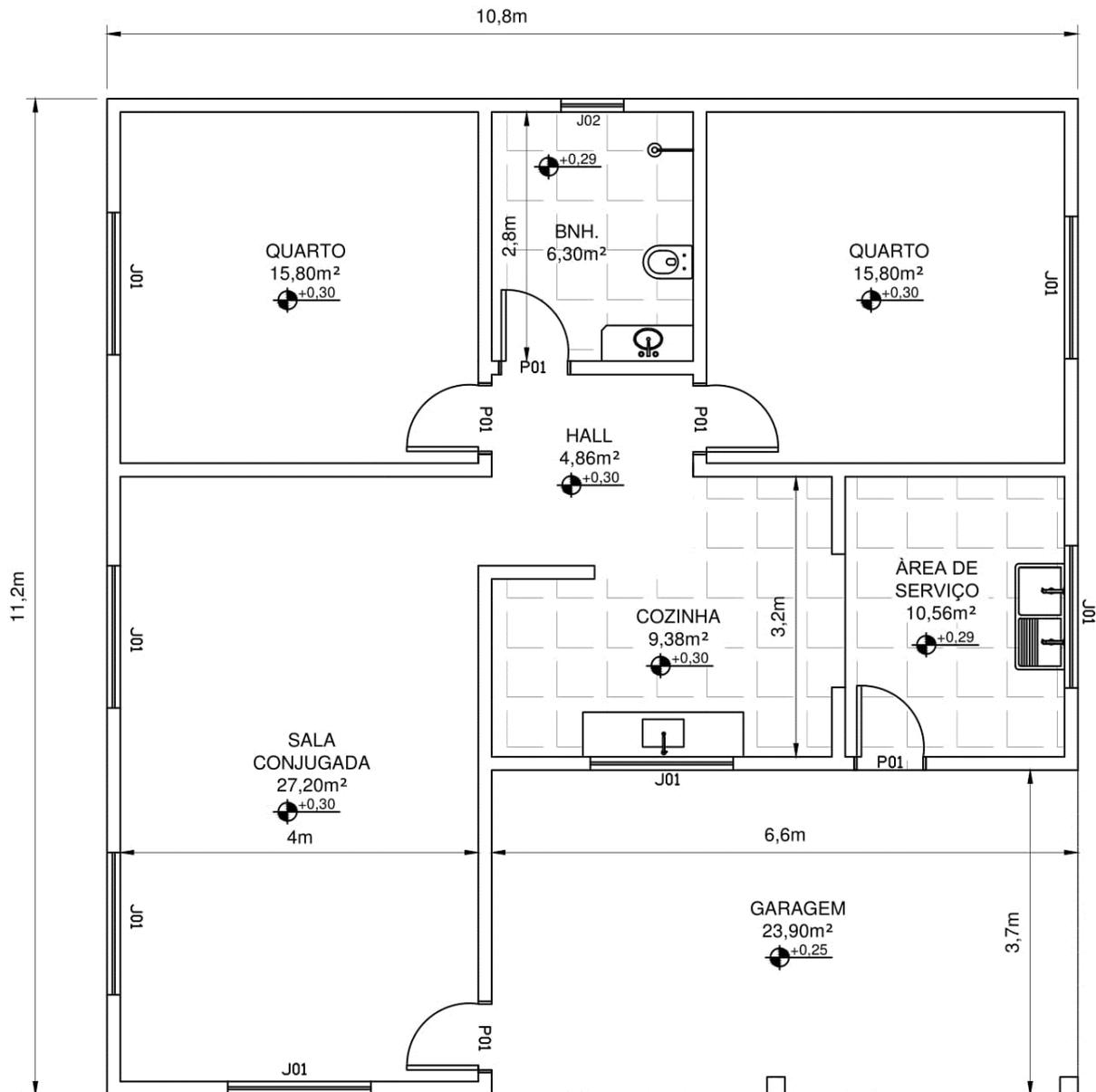
É uma pesquisa experimental com finalidade de corroborar à sociedade acerca de um método construtivo alternativo comparando a infraestrutura, supraestrutura e acabamento de uma residência unifamiliar para justificar a utilização de um método construtivo que apresente qualidades desejáveis de produção e economia.

##### **3.2.1 Projeto base**

O projeto arquitetônico foi de concepção própria elaborado no software AUTOCAD<sup>®</sup>, ferramenta de trabalho essencial para engenheiros na modelagem em 2D e 3D, para a utilização em ambos os sistemas construtivos. Foi confeccionada a planta baixa de imóvel com 121,52m<sup>2</sup> sendo, 2 quartos, banheiro, sala conjugada, cozinha, área de serviço e garagem conforme Figura 8.

No Projeto Arquitetônico (APÊNDICE F - SUPLEMENTO) pode ser observado o projeto arquitetônico para os dois sistemas construtivos que serviram de base para a memória de cálculo da planilha orçamentária.

Figura 8 - Planta baixa



Fonte: Projeto da própria pesquisa

### 3.2.2 Projetos complementares

Na construção do projeto de instalação elétrica foi utilizado o software LUMINE V4<sup>®</sup> da plataforma ALTOQI<sup>®</sup>. Foi importada a planta baixa para o programa e foram inseridos os pontos de tomadas, iluminação, interruptores e QDC (quadro de distribuição cargas). Para a construção em concreto armado os condutos foram inseridos após a execução da alvenaria de vedação, sendo necessário fazer

aberturas na parede para posicionar os condutos e logo após recobrir. Foi escolhida a trajetória de forma a gastar menos material possível passando pela parede, pelo teto ou pelo piso, até os pontos de instalação das peças elétricas, conforme o Projeto Elétrico em Concreto Armado (APÊNDICE G - SUPLEMENTO).

Para o Projeto Elétrico da Alvenaria Estrutural (APÊNDICE H - SUPLEMENTO), foram utilizados os mesmos pontos e materiais porém, o sistema construtivo permitiu posicionar os condutos ao mesmo tempo que foram executadas as paredes estruturais. Após inserir os pontos de tomada e iluminação no software foram obtidos o dimensionamento elétrico e a lista de insumos.

Para a realização do projeto de instalação hidráulica foi utilizado o software HYDROS V4<sup>®</sup> da plataforma ALTOQI<sup>®</sup>. 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 corredor, pois a própria estrutura atua como um reforço que suporta o peso solicitado.

Foi importada a planta baixa para o programa e foram inseridos os pontos de passagem de água e aparelhos hidrossanitários de forma a não entrar em conflito com a trajetória do projeto elétrico e pontos de grauteamento conforme o Projeto Hidráulico (APÊNDICE I - SUPLEMENTO) para ambos os projetos.

### 3.2.3 Projeto estrutural

Para o cálculo estrutural foi utilizado o programa CYPECAD<sup>®</sup> com a finalidade de obtenção do dimensionamento estrutural para ambos 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 sobre cargas que devem ser adotadas de acordo com o material e tipo de edificação. Foi declarado uma carga acidental de 1,5 kN/m<sup>2</sup> para o piso e 0,5 kN/m<sup>2</sup> para a cobertura de ambos os sistemas. Para a sobre carga foi adotado carregamento de 1,3 kN/m<sup>2</sup> referente a cobrimento, revestimento e assentamento de piso cerâmico. O concreto adotado apresenta característica de resistência à compressão 20MPa.

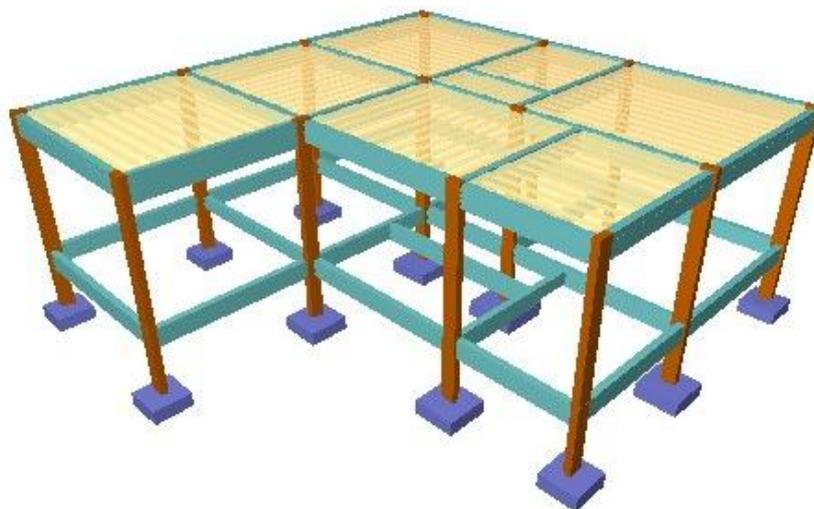
No Projeto Estrutural em Concreto Armado (APÊNDICE J - SUPLEMENTO), foram consideradas fundações do tipo sapata, conforme Figura 9, com profundidade

de assentamento de 1,5m em camada declarada de argila semi dura com resistência característica do solo de 1,5 kgf/cm<sup>2</sup>.

Para a alvenaria estrutural foram consideradas fundações do tipo sapata corrida, representado na Figura 10, com profundidade de 0,70m também em camada de argila semi dura com resistência característica do solo de 1,5 kgf/cm<sup>2</sup>.

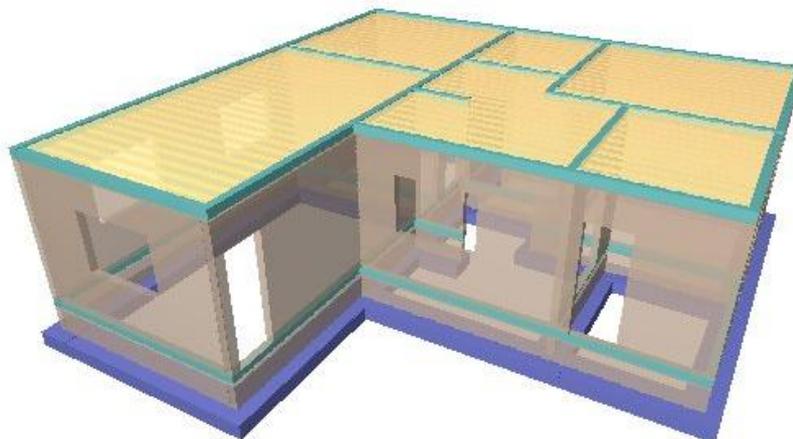
As vigas foram consideradas engastadas em suas extremidades. Para as lajes foram adotadas vigotas treliçadas armadas da direção do menor vão e consideradas totalmente engastadas nas vigas.

Figura 9 - Vista isométrica do projeto estrutural em concreto armado



Fonte: Projeto da própria pesquisa

Figura 10 - Vista isométrica de projeto estrutural em alvenaria estrutural



Fonte: Projeto da própria pesquisa

No Projeto Estrutural de Alvenaria Estrutural (APÊNDICE K - SUPLEMENTO), 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 14x19x39, 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 Gruate dói de 20 MPa. As barras de aço foram posicionadas com disposição vertical nos pontos de grauteamento onde houveram a necessidade de reforço estrutural.

#### 3.2.4 Elaboração da planilha

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

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.

Com a finalidade de instruir sobre os processos adotados para que seja adequadamente compreendidos foi criado pela Gerência Nacional de Gestão, Padronização e Normas Técnicas (GEPAD), a Metodologia de Elaboração e Manutenção de Orçamentos Referenciais, um manual que descreve as definições e procedimentos adotados nas composições de insumos com a quantidade de materiais, horas e serviços, atualizados mensalmente, e disponibilizado nas páginas do SINAPI.

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 a 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 a iniciar as discussões do trabalho.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar o estudo proposto foram considerados os levantamentos das etapas de infraestrutura, supraestrutura e revestimentos que são os itens que diferenciam entre um método construtivo e outro. As etapas de serviços preliminares, esquadrias, coberturas não variam entre si e não influenciam na comparação do valor global do orçamento, logo não foram consideradas.

### 4.1 Comparação no custo da fundação

O levantamento de custo dos elementos de fundação representados na Tabela 1 apresenta, para a construção em concreto armado, um custo de R\$14.419,85 que representa 18,98% do custo global da obra, enquanto que em alvenaria estrutural o custo foi de R\$ 12.910,21 que corresponde a 19,95% do valor global da obra. Devido a condição imposta pelo CYPECAD® de utilizar sapata corrida para a fundação da alvenaria estrutural acarretou em um maior consumo de concreto, responsável pelo aumento de R\$ 2.319,67 comparando apenas o custo do volume de concreto porém, para a mesma houve uma economia de R\$ 4.752,32 por não utilizar madeira para a sapata corrida.

Tabela 1 - Comparação do custo da etapa de fundações entre concreto armado e alvenaria de vedação

FUNÇÕES	CONCRETO ARMADO				ALVENARIA ESTRUTURAL			
	UNID	QUANT	Total (R\$)	(%)	UNID	QUANT	Total (R\$)	(%)
Escavação	m³	41,28	R\$ 2.548,01	17,67	m³	37,15	R\$ 2.763,27	21,40
Reaterro	m³	32,6	R\$ 941,16	6,53	m³	16,33	R\$ 471,45	3,65
Regularização de Vala	m³	1,19	R\$ 166,40	1,15	m²	53,07	R\$ 203,80	1,58
Forma e desforma 4 utilizações / Lona	m²	77,91	R\$ 5.811,12	40,30	m²	232,7	R\$ 1.058,80	6,27
Armação de Fundação CA-50	Kg	183,92	R\$ 1.130,73	7,84	Kg	335,84	R\$ 1.984,79	15,37
Armação Viga Baldrame	Kg	223,22	R\$ 1.615,17	11,20	Kg	100,79	R\$ 529,78	4,10
Concreto 20 Mpa	m³	9,12	R\$ 2.207,26	15,31	m³	18,7	R\$ 4.526,93	35,06
Alvenaria de Bloco de Concreto Preenchido			Não possui		m²	32,76	R\$ 1.371,39	10,62
TOTAL		(%) GLOBAL 18,98	R\$ 14.419,85	100,00	TOTAL	(%) GLOBAL 19,95	R\$ 12.910,21	100,00

Fonte: Dados da própria pesquisa

## 4.2 Comparação no custo com supraestrutura

Os serviços de execução dos pilares e vigas mostrados na Tabela 2 que compõem a etapa de supraestrutura correspondem ao terceiro item com o maior percentual do custo global com 18,25% para o concreto armado, e o quarto item com 14,17% para alvenaria estrutural que corresponde respectivamente a R\$ 13.864,62 e R\$ 9.170,32. Na alvenaria estrutural o próprio bloco serve de forma para a execução dos pilares e vigas, logo houve uma economia de R\$ 2.985,81 em serviços referentes a aquisição de madeiramento, mão de obra e materiais para a execução de montagem e desmontagem de formas para pilares e vigas, sendo que em alvenaria estrutural só foi preciso utilizar madeira para a execução de escoramento da laje pré moldada utilizada em ambos os métodos conforme o item 74141/001 da composição da SINAPI exposta na Planilha Orçamentária em Alvenaria Estrutural (APÊNDICE D).

Tabela 2 - Comparação do custo da etapa de supra estrutura entre concreto armado e alvenaria estrutural

SUPRA ESTRUTURA	CONCRETO ARMADO				ALVENARIA ESTRUTURAL			
	UNID	QUANT	Total (R\$)	(%)	UNID	QUANT	Total (R\$)	(%)
Forma e desforma 4 utilizações	m³	44,88	R\$ 2.985,81	21,54	Não Possui			
Armadura Pilar e Vigas	Kg	451,8	R\$ 2.799,37	20,19	Kg	296,71	R\$ 1.721,24	18,77
Concreto 20 Mpa	m³	6,87	R\$ 1.662,39	11,99	m³	1,88	R\$ 454,67	4,96
Graute 20 Mpa		Não Possui			m³	1,21	577,36	6,30
Laje Pré Moldada	m²	97,61	R\$ 6.417,05	46,28	m²	97,61	R\$ 6.417,05	69,98
<b>TOTAL</b>		(%) GLOBAL 18,25	R\$ 13.864,62	100,00	<b>TOTAL</b>	(%) GLOBAL 14,17	R\$ 9.170,32	100,00

Fonte: Dados da própria pesquisa

## 4.3 Comparação no custo da alvenaria

A execução de alvenaria apresentado na Tabela 3 estima o custo da alvenaria de vedação e instalação de contravergas pré fabricada para o sistema construtivo em concreto armado em R\$ 11.582,83 correspondendo a 15,25% do valor global enquanto que para o sistema construtivo em alvenaria estrutural contempla apenas a aquisição e execução em bloco estrutural pois as vergas e contravergas foram

considerados como elementos de reforço da supraestrutura, sendo assim o orçamento ficou em R\$ 10.143,38 correspondendo a 15,67% do valor global.

A produção de blocos de concreto com finalidade estrutural possui um custo mais elevado do que a produção de tijolos cerâmicos de vedação, se tratando de matéria prima para confecção. Em contrapartida o item de composição simplificada da SINAPI apresenta um custo unitário por m<sup>2</sup> maior para a execução da alvenaria em tijolo cerâmico devido a quantidade de horas trabalhadas para o pedreiro e servente serem maiores, portanto os materiais são mais baratos porém com mão de obra mais cara.

Tabela 3 - Comparação do custo de execução de alvenaria entre concreto armado e alvenaria estrutural

ALVENARIA	CONCRETO ARMADO				ALVENARIA ESTRUTURAL			
	UNID	QUANT	Total (R\$)	(%)	UNID	QUANT	Total (R\$)	(%)
Alvenaria de Tijolo / Bloco	m <sup>2</sup>	220,46	R\$ 11.269,66	97,30	m <sup>2</sup>	244,95	R\$ 10.143,38	100,00
Contra Verga Pré Fabricada	m	15,1	R\$ 313,17	2,70	Não Possui			
TOTAL	(%) GLOBAL		R\$ 11.582,83	100,00	TOTAL	(%) GLOBAL	R\$ 10.143,38	100,00
	15,25					15,67		

Fonte: Dados da própria pesquisa

#### 4.4 Comparação no custo do revestimento

A Tabela 4 que apresenta o item com o maior percentual no custo global para ambos os sistemas é a etapa de revestimentos que corresponde 41,73% para concreto armado e 44,09% do custo global para alvenaria estrutura, porém apresentam uma diferença em valor de R\$ 3.166,17 devido à vantagem executiva da utilização de alvenaria estrutural pois esta permite uma regularização da superfície de revestimento excluindo a necessidade de chapisco e permitindo utilizar uma camada de reboco menos espessa. A superfície do bloco possui uma regularização e aderência melhor da argamassa sendo que poderiam ser utilizados materiais mais baratos, por exemplo o gesso, que proporciona um acabamento interno com qualidade superior porém foi adotado a mesma composição sintética utilizada em concreto armado.

Tabela 4 - Comparação do custo da etapa de revestimentos entre concreto armado e alvenaria estrutural

REVESTIMENTO	CONCRETO ARMADO				ALVENARIA ESTRUTURAL			
	UNID	QUANT	Total (R\$)	(%)	UNID	QUANT	Total (R\$)	(%)
Chapisco	m <sup>2</sup>	408,9	R\$ 1.295,39	4,09	Não Possui			
Emboço para pintura	m <sup>2</sup>	350,11	R\$ 9.423,48	29,73	m <sup>2</sup>	350,11	R\$ 8.211,14	28,78
Emboço para cerâmica	m <sup>2</sup>	58,79	R\$ 1.393,32	4,40	m <sup>2</sup>	58,79	R\$ 734,88	2,58
Contra Piso	m <sup>3</sup>	111,25	3533,3	11,15	m <sup>2</sup>	111,25	3533,3	12,38
Revestimento Cerâmico	m <sup>2</sup>	170,04	8927,65	28,16	m <sup>2</sup>	170,04	8927,65	31,29
Roda Pé	m	92,2	R\$ 823,35	2,60	m <sup>2</sup>	92,2	R\$ 823,35	2,89
Soleira	m	4	R\$ 270,64	0,85	m	4,00	R\$ 270,64	0,95
Massa Corrida	m <sup>2</sup>	111,25	R\$ 1.412,88	4,46	m <sup>2</sup>	111,25	R\$ 1.412,88	4,95
Selador Acrílico	m <sup>2</sup>	461,36	R\$ 873,21	2,75	m <sup>2</sup>	461,36	R\$ 873,21	3,06
Pintura	m <sup>2</sup>	461,36	R\$ 3.746,30	11,82	m <sup>2</sup>	461,36	3746,3	13,13
TOTAL	(%) GLOBAL		R\$ 31.699,52	100,00	TOTAL	(%) GLOBAL	R\$ 28.533,35	100,00
	41,73					44,09		

Fonte: Dados da própria pesquisa

#### 4.5 Comparação no custo de instalações elétricas e hidráulicas

Na etapa de instalação elétrica foram utilizados os mesmos pontos de instalação porém com trajetórias diferentes o que refletiu em uma quantidade maior ou menor de fios de seção nominal de 1,5mm<sup>2</sup>; 4,0mm<sup>2</sup> e 10,0mm<sup>2</sup> que podem ser observados nos Projetos Elétricos em Concreto armado e Alvenaria Estrutural (APÊNDICES G e APÊNDICE H).

A Tabela 5 representa a etapa de comparação dos insumos que compõem as instalações elétricas, visto que a SINAPI não contempla a execução do serviço de instalação elétrica da alvenaria estrutural, pois a mesma possui um período de execução menor devido a vantagem de utilização do sistema por poder realizar a instalação dos eletrodutos paralelo à execução da alvenaria. A etapa foi orçada em R\$ 3.541,49 representado por 4,66% do valor global para o sistema construtivo em concreto armado e R\$ 3.094,83 e 4,78% para a alvenaria estrutural, apresentando uma diferença entre os sistemas construtivos de R\$ 446,66.

Para a etapa de instalações hidráulicas a Tabela 6 apresenta um custo global de R\$ 859,56 para ambos os sistemas pois foram consideradas as mesmas trajetórias e peças de utilização.

Tabela 5 - Comparação do custo da etapa de instalação elétrica entre concreto armado e alvenaria estrutural

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	CONCRETO ARMADO				ALVENARIA ESTRUTURAL			
	UNID	QUANT	Total (R\$)	(%)	UNID	QUANT	Total (R\$)	(%)
Quadros, peças, acessórios e lâmpadas	-	-	R\$ 3.541,49	100,00	-	-	R\$ 3.094,83	100,00
<b>TOTAL</b>		<b>(%) GLOBAL</b>	<b>R\$ 3.541,49</b>	<b>100,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>(%) GLOBAL</b>	<b>R\$ 3.094,83</b>	<b>100,00</b>
		4,66				4,78		

Fonte: Dados da própria pesquisa

Tabela 6 - Comparação do custo da etapa de instalação hidráulica entre concreto armado e alvenaria estrutural

INSTALAÇÕES HIDRÁULICO	CONCRETO ARMADO				ALVENARIA ESTRUTURAL			
	UNID	QUANT	Total (R\$)	(%)	UNID	QUANT	Total (R\$)	(%)
Tubos, peças e acessórios	-	-	R\$ 859,56	100,00	-	-	R\$ 859,56	100,00
<b>TOTAL</b>		<b>(%) GLOBAL</b>	<b>R\$ 859,56</b>	<b>100,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>(%) GLOBAL</b>	<b>R\$ 859,56</b>	<b>100,00</b>
		1,13				1,33		

Fonte: Dados da própria pesquisa

#### 4.6 Comparação no custo global da obra

No comparativo global conforme a Tabela 7, pode se observar que o sistema construtivo de alvenaria estrutural apresentou uma diferença em relação ao sistema construtivo em concreto armado de R\$ 11.256,22 correspondendo a 14,82% de diferença na comparação das planilhas orçamentárias.

O resultado da pesquisa apresentou uma economia de 14,82%, assim como no trabalho descrito por Camacho (2006), Kageyama; Kishi; Meirelles (2009) que apresenta uma porcentagem de economia entre 10% e 30%. Toda via portanto é indicado que o levantamento de custo da planilha seja realizado com os preços dos fornecedores locais pois, a realidade do local pode ser diferente de onde foram coletados os da composição de custo da SINAPI.

Tabela 7 - Comparação do custo global das etapas de construção entre concreto armado e alvenaria estrutural

ETAPAS	CONCRETO ARMADO( R\$)	(%)	ALVENARIA ESTRUTURAL	(%)	DIFERENÇA (R\$)	(%)
FUNDAÇÃO	R\$ 14.419,85	18,98	R\$ 12.910,21	19,95	R\$ 1.509,64	10,47%
SUPRA ESTRUTURA	R\$ 13.864,62	18,25	R\$ 9.170,32	14,17	R\$ 4.694,30	33,86%
ALVENARIA	R\$ 11.582,83	15,25	R\$ 10.143,38	15,67	R\$ 1.439,45	12,43%
REVESTIMENTO	R\$ 31.699,52	41,73	R\$ 28.533,35	44,09	R\$ 3.166,17	9,99%
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	R\$ 3.541,49	4,66	R\$ 3.094,83	4,78	R\$ 446,66	12,61%
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	R\$ 859,56	1,13	R\$ 859,56	1,33	R\$ 0,00	0,00%
TOTAL	R\$ 75.967,87	100,00	R\$ 64.711,65	100,00	R\$ 11.256,22	14,82%

Fonte: Dados da própria pesquisa

O sistema construtivo de alvenaria estrutural torna-se mais indicado devido a sua relação custo benefício. Foi verificado que existe uma parcela de economia, sendo que esta economia deve-se aos critérios de vantagens na utilização do sistema construtivo em alvenaria estrutura tal como a redução do prazo de execução, materiais e mão de obra.

## 5 CONCLUSÃO

Para o estudo realizado da orçamentação de uma residência unifamiliar o sistema construtivo em alvenaria estrutural apresentou vantagens de execução e economia de 14,82% quando comparado ao sistema construtivo em concreto armado.

Conclui-se que o orçamentista deve estar atento às atualizações de preço no mercado, dos bancos referenciais de dados mantidos pela SINAPI e conhecer as técnicas de execução das etapas construtivas para que seja realizado um orçamento bem planejado e chegar o mais próximo possível do executado sem exceder o orçamento.

O engenheiro é essencial na elaboração de um projeto de alvenaria estrutural, pois possíveis alterações, quando cabíveis, acarretarão em um custo muito maior. Cabe ao profissional conhecer esse método construtivo alternativo e contribuir para o aumento da prática de alvenaria estrutural em Teófilo Otoni.



## REFERÊNCIAS

- ACCETTI, K. M. *Contribuição ao Projeto Estrutural de Edifícios em Alvenaria*. 1998. 247f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Estrutura) - Universidade de São Pulo, São Carlos, 1998. Disponível em: <[http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1998ME\\_KristianeMattarAccetti.pdf](http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1998ME_KristianeMattarAccetti.pdf)>. Acesso em: 08 de nov. de 2017.
- ALVES, N. S. D. *Análise de custos: Alvenaria Estrutural X Estrutura Pré-Moldada*. 2014. 58f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-A3YFD6/monografia\\_natalia.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-A3YFD6/monografia_natalia.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 04 de out. de 2017.
- ANDRADE, A. C; SOUZA, U. E. L. Diferentes abordagens quanto ao orçamento de obras habitacionais: aplicação ao caso do assentamento da alvenaria. *IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, Foz do Iguaçu, mai. de 2002. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002\\_0713\\_722.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_0713_722.pdf)>. Acesso em: 15 de Nov. de 2017
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14974-1, de 29 de setembro de 2003. *Bloco sílico-calcário para alvenaria Parte 1: Requisitos, dimensões e métodos de ensaio*, Rio de Janeiro, ago. 2003.
- \_\_\_\_\_. NBR 15270-1, de 30 de setembro de 2005. *Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação- Terminologia e requisitos*, Rio de Janeiro, 31 ago. 2005.
- \_\_\_\_\_. NBR 6118, de 07 de agosto de 2014. *Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*, Rio de Janeiro, 29 abr. 2014.
- \_\_\_\_\_. NBR 6120, novembro de 1980. *Carga para o cálculo de estruturas de edificações*, Rio de Janeiro, nov. de 1980.
- \_\_\_\_\_. NBR 6122, de 30 de maio de 1996. *Projeto e execução de fundações*, Rio de Janeiro, mai. 1996.
- \_\_\_\_\_. NBR 6136, de 03 de novembro de 2016. *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos*. Rio de Janeiro, 01 de dez. de 2016.

BRASIL, *Ministério do Planejamento e Orçamento*. Portaria n. 134, de 18 de dezembro de 1998. Programa Brasileiro da qualidade e produtividade na construção habitacional. Brasília 18 dez. 1998.

BRUMATTI, D. O. *Uso de Pré-Moldados- Estudo e Viabilidade*. 2008. 54f. (Graduação em Engenharia Civil) –Universidade Federal de Minas Gerais, Vitória, 2008. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Monografia%20Dioni%20O.%20Brumatti.pdf>>. Acesso em: 10 de nov. de 2017.

CAMACHO, J. S. *Projetos de edifícios de alvenaria estrutural*. São Paulo: Unesp, 2006. 48p. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/projeto-de-edificios-de-alvenaria-estrutural.pdf>>. Acesso em: 17 de ago. de 2017.

CAMPOS, J. C. *Alvenaria estrutural: Especialização em Engenharia de Estruturas*. Rio de Janeiro. 1992. 94f. Disponível em: <<http://www.feb.unesp.br/pbastos/alv.estrutural/Alvenaria%20Estrutural%20-%20JC%20Campos.pdf>>. Acesso em: 09 de nov. de 2017.

CARVALHO, M. C. R. *Caracterização da tecnologia construtiva de Eladio Dieste: Contribuições para a inovação do projeto arquitetônico e da construção em alvenaria estrutural*. 2004. 209f. Tese Doutoral (Doutorado em Engenharia Civil e Construção Civil) -Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/87601>>. Acesso em: 08 de out. de 2017.

CORRÊA, M.R.S.; RAMALHO, M.A. *Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural*. São Paulo: Pini, 2003. 171p.

DELLATORRE, L. A. *Análise comparativa de custos entre edifício de alvenaria estrutural e de concreto convencional*. 2014.79f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: <[http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2\\_2014/TCC\\_LAZARO%20AUGUSTO%20DELLATORRE.pdf](http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2014/TCC_LAZARO%20AUGUSTO%20DELLATORRE.pdf)>. Acesso em 15 de abr. de 2018.

GONZALEZ, M. S. *Uso de Alvenaria de Vedação em Estruturas Metálicas*. 2003. 82f. (Especialista em Tecnologia e Gestão da Produção) –Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://poli-integra.poli.usp.br/library/pdfs/364e5c4d7c7cbc251004622b64f861e5.pdf>>. Acesso em: 10 de nov. de 2017.

GREGÓRIO, M. H. R. *Edificações em alvenaria estrutural: Uso e desenvolvimento do sistema construtivo e contribuições ao projeto arquitetônico*. 2010. 149f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/7593>>. Acesso em: 29 de out. de 2017.

IBGE. *Índice de Desenvolvimento Humano Municipal*, 2010. Censo Demográfico. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/teofilo-otoni/panorama>>. Acesso em: 09 de mai. de 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*, v.6, n.6-10, p. 44-64, [S.l.], 2009.

KALIL, S. M. B.S. *Alvenaria Estrutural*. Rio Grande do Sul. 2013. 86f. Disponível em: <[http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos\\_Especiais\\_-\\_Estruturas\\_de\\_Madeira/Alvenaria.pdf](http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_-_Estruturas_de_Madeira/Alvenaria.pdf)>. Acesso em: 09 de nov. de 2017.

LIMA, V. C. *Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico e painéis em gesso acartonado para uso com vedação em edifícios: Estudo de caso em edifício de multipavimentos na cidade de Feira de Santana*. 2012. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Feira de Santana, Feira de Santana, 2012. Disponível em: <[https://docs12.minhateca.com.br/972401640,BR,0,0,LIMA%2C-V.-C.-\(2012\).pdf](https://docs12.minhateca.com.br/972401640,BR,0,0,LIMA%2C-V.-C.-(2012).pdf)>. Acesso em: 30 de out. de 2017.

MATTOS, A. D. *Como prepara orçamentos de obras: Dicas para orçamentos, estudos de caso, exemplos*. São Paulo: Pini, 2006. 281p.

PRADO NETO, A.P.; PELUSO, E.O.; CARVALHO, V.T.A. *Alvenaria Estrutural: Empreendimento Floral Park II*. 2015. 59f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso e graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. Disponível em: <<https://www.scribd.com/document/349058107/Alvenaria-Estrutural-Empreendimento-Flora-Park-II>>. Acesso em: 13 de set. de 2017.

NONATO, L. F. C. *Alvenaria estrutural e suas implicações*. 2013. 73f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <[pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg3/108.pdf](http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg3/108.pdf)>. Acesso em: 28 de out. de 2017.

PASTRO, R. Z. *Alvenaria estrutural: Sistema construtivo*. 2007. 40f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) - Universidade São Francisco, Itatiba, 2007. Disponível em :<<https://docgo.org/tcc-alvenaria-estrutural-sistema-construtivo-pdf>>. Acesso em: 28 de out. de 2017.

PEREIRA, J. C. S. *Coordenação de projetos em edifícios de alvenaria estrutural*. 94f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade da Madeira, Funchal, 2012. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/62478231.pdf>>. Acesso em: 30 de out. 2017

RAUBER, F. C. *Contribuição ao projeto arquitetônico de edifício em alvenaria*. 2005. 96f. Dissertação de Mestrado (Mestrado Construção Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. Disponível em: <<repositorio.ufsm.br/handle/1/7931>>. Acesso em: 22 de out. de 2017.

SANTOS, F.A. *Efeito do Não-Preenchimento de Juntas Verticais no Desempenho de Edifícios em Alvenaria Estrutural*. 2001. 154p. Tese (Pós Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/80152/178285.pdf?sequence=1>> . Acesso em: 14 de abr. de 2018.

SILVA, A.H. *et al.* Custos e Produtividade em Alvenaria Estrutural: Análise Comparativa Entre 12 Prédios com Estrutura em Blocos Cerâmicos, 3 Prédios em Blocos de Concreto e 8 Prédios com Estrutura Convencional de Concreto Armado. / *Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia Do Ambiente Construído*. São Paulo, 10p. Jul. de 2004. Disponível em:<[ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC\\_2004/trabalhos/PAP0879d.pdf](ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC_2004/trabalhos/PAP0879d.pdf)>. Acesso em: 05 de nov. de 2018.

SILVA, W. J. *Estudos experimentais de ligações entre paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos sujeitas a ações verticais*. 2003. 144f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Construção Civil) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003. Disponível em: <[https://drive.google.com/open?id=0Bwstlh\\_1oUnLcXp2ekVBN1hRZmc](https://drive.google.com/open?id=0Bwstlh_1oUnLcXp2ekVBN1hRZmc)>. Acesso em: 03 de set. de 2017.

SOUSA, J. V. L.; ÁVILA, R. A. G. *Análise comparativa da viabilidade econômica entre os sistemas construtivos “paredes de concreto” e “alvenaria estrutural” estudo de caso*. 2014. 120f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2014. Disponível em: <[https://www.eec.ufg.br/up/140/o/AN%C3%81LISE\\_COMPARATIVA\\_DA\\_VIABILIDADE\\_ECON%C3%94MICA\\_ENTRE\\_OS\\_SISTEMAS\\_CONSTRUTIVOS\\_%E2%80%9CPAREDE\\_DE\\_CONCRETO%E2%80%9D\\_E\\_%E2%80%9CALVENARIA ESTRUTURAL%E2%80%9D\\_%E2%80%93\\_ESTUDO\\_DE\\_CASO.pdf](https://www.eec.ufg.br/up/140/o/AN%C3%81LISE_COMPARATIVA_DA_VIABILIDADE_ECON%C3%94MICA_ENTRE_OS_SISTEMAS_CONSTRUTIVOS_%E2%80%9CPAREDE_DE_CONCRETO%E2%80%9D_E_%E2%80%9CALVENARIA ESTRUTURAL%E2%80%9D_%E2%80%93_ESTUDO_DE_CASO.pdf)>. Acesso em: 03 de set. de 2017.

TAUIL, C. A; NESSE, F. M.. *Alvenaria Estrutural*. São Paulo: PINI, 2010. 183p.

TIMBÓ, L. A. P; LOPES, R. C.O. *Análise comparativa entre alvenaria estrutural e alvenaria convencional*. 2014. 28f. Artigo (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ucb.br/jspui/handle/10869/4687>>. Acesso em: 29 de out. de 2017.