

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL - GUARAPUAVA
ENGENHARIA CIVIL**

JANAINA GAVLIK

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA EXECUÇÃO DE
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR PADRÃO POPULAR EM ALVENARIA
ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO EM COMPARAÇÃO AO
SISTEMA CONVENCIONAL BRASILEIRO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GUARAPUAVA

2019

JANAINA GAVLIK

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA EXECUÇÃO DE
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR PADRÃO POPULAR EM ALVENARIA
ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO EM COMPARAÇÃO AO
SISTEMA CONVENCIONAL BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Ma. Isabela Volski

GUARAPUAVA

2019

ATA DA DEFESA

Realizou-se no dia **03**, de **dezembro** de 2019, às **16 h 30 min**, no Campus Guarapuava da UTFPR, a defesa Trabalho de Conclusão de Curso, como requisito parcial para aprovação da aluna **Janaina Gavlik**, na disciplina de TCC2 do Curso de Engenharia Civil intitulado: **Análise da viabilidade econômica da execução de residência unifamiliar padrão popular em alvenaria estrutural de blocos de concreto em comparação ao sistema convencional brasileiro.**

A Banca foi composta pelo Presidente:

Prof. Isabela Volski (Orientador), e pelos seguintes membros:

Prof. Rodrigo Scoczynski Ribeiro

Prof. Adriano Martins de Souza

Guarapuava, 03 de dezembro de 2019

“A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

Dedico aos meus pais que não mediram
esforços para me amparar durante a
graduação e realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a vida com saúde, discernimento e força para enfrentar todos os obstáculos.

Aos meus pais, por sempre me apoiarem e me guiarem durante essa trajetória. Por me ensinarem os valores que mais admiro, a justiça, a perseverança, a humildade e a fé.

As minhas avós e irmãos que sempre estiveram ao meu lado minha vida toda, me alegrando e confortando.

Ao meu companheiro que me apoiou em todos os momentos, nunca me deixou desistir ou desanimar e me deu suporte para seguir em frente.

Aos meus amigos e colegas de faculdade, que estiveram presentes comigo nessa caminhada, sempre torcendo pelo meu sucesso e me ajudando de todas as formas.

A minha orientadora, que se dispôs prontamente a me ajudar na elaboração desse trabalho, dando todo o suporte necessário.

RESUMO

GAVLIK, Janaina. **Análise da viabilidade econômica da execução de residência unifamiliar padrão popular em alvenaria estrutural de blocos de concreto em comparação ao sistema convencional brasileiro.** 2019. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Guarapuava, 2019.

Tendo em vista o déficit habitacional que o Brasil enfrenta face a um sistema construtivo convencional de altos custos e prazos de execução, este estudo é embasado nessa problemática, visando sua comparação com outro sistema construtivo, baseado na alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. O objetivo da pesquisa é analisar a viabilidade econômica da execução de uma habitação unifamiliar padrão popular em alvenaria estrutural de blocos de concreto comparada ao sistema construtivo convencional de alvenaria de vedação em tijolos cerâmicos e concreto armado. Para tal, foram elaborados orçamentos, para os dois sistemas construtivos citados, da execução de uma residência unifamiliar padrão popular. Além do orçamento, foi realizada a análise de viabilidade do investimento. Os resultados indicam que a alvenaria estrutural é mais viável economicamente que o processo convencional e, através das conclusões obtidas espera-se que esse sistema ganhe maior evidência no mercado nacional, uma vez que esse trabalho comprova que este sistema é vantajoso economicamente quando comparado ao sistema convencional brasileiro.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Concreto armado. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

GAVLIK, Janaina. **Analysis of the economic viability of a popular standard single-family residence in concrete block structural masonry compared to the brazilian conventional system.** 2019. 39 f. Work of Conclusion Course in Civil Engineering - Federal Technology University - Paraná. Guarapuava, 2019.

Owing to housing deficit that Brazil's facing against a conventional building system with high costs and execution times, this present study is based on this problematic, aiming its comparison with another building system of structural masonry of hollow concrete blocks. The main goal of this research is to analyze the economic viability to execute a popular standard single-family residence of structural masonry with concrete blocks, and compare it to the conventional building system of masonry in ceramic bricks and concrete structure. For this purpose, two budgets were elaborated, one for each mentioned building system, of a popular standard single-family residence. Moreover, was performed an analysis of the viability of the investment. The results indicate that the most economically viable is the structural masonry than traditional process and, through the conclusions, expects this system obtain more evidence in the national market, once this research testifies this system is economically advantageous when compared to the brazilian conventional system.

Key-words: Structural masonry. Strengthened concrete. Economic viability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA	14
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	15
1.2.1 Objetivo Principal	15
1.2.2 Objetivos Secundários	15
1.3 JUSTIFICATIVA	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL	17
2.1.1 Tipos de Alvenaria Estrutural	17
2.1.2 Bloco de Concreto	18
2.1.3 Aspectos Construtivos	19
2.2 ALVENARIA CONVENCIONAL: CONCRETO ARMADO E VEDAÇÃO EM BLOCOS CERÂMICOS.....	20
2.2.1 Alvenaria de Vedação e Blocos Cerâmicos	20
2.2.2 Aspectos Construtivos	21
3 METODOLOGIA	22
3.1 DA EDIFICAÇÃO	23
3.2 DO ORÇAMENTO	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	26
5 CONCLUSÃO	28
5.1 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	29
6 REFERÊNCIAS	30
ANEXO A - Planta baixa da edificação	32
APÊNDICE A - Orçamento para Alvenaria Convencional	34
APÊNDICE B - Orçamento para Alvenaria Estrutural	37

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil contribui para a evolução da sociedade, desenvolvendo estudos, pesquisas, executando e gerenciando projetos que contribuem para o desenvolvimento da sociedade, garantindo o bem-estar social e ambiental. Com relação ao desenvolvimento social, pode-se destacar os empreendimentos facilmente financiáveis por pessoa física de classe baixa, os chamados empreendimentos de padrão popular, sejam eles residências unifamiliares de um ou dois pavimentos ou então edifícios multifamiliares.

Os empreendimentos de padrão popular geram o desenvolvimento da sociedade e tem contribuição na redução do índice de vulnerabilidade das classes menos favorecidas. Conforme disposições do Plano Nacional de Habitação, as necessidades de habitações nos próximos 15 anos atingem cerca de 35 milhões de unidades habitacionais quando se agrega ao déficit acumulado a demanda futura (ALMEIDA, 2009). Sendo assim, estudos e análises tanto de cunho econômico quanto técnico são necessários para que haja melhoria e evolução no decorrer do tempo, seja através da adoção de novas tecnologias na confecção do projeto ou concepção, sejam estudos minuciosos para diminuição de desperdício de materiais e tempo ou otimização dos processos construtivos.

A execução de obras em alvenaria convencional no Brasil é composta de sistema estrutural em concreto armado juntamente com vedações em blocos cerâmicos. Esse sistema apesar de amplamente disseminado e economicamente viável, carrega consigo quesitos negativos como a alta taxa de desperdício de materiais, mão de obra e prazo do cronograma de obra vulnerável a ações do tempo e humanas. Assim, nota-se que o sistema construtivo adotado influencia na variabilidade de execução dos processos.

Conforme sugere Cruz et. Al, (2018), mesmo a alvenaria estrutural sendo um sistema industrializado, está suscetível a variabilidade e riscos, porém eles impactam de forma mais amena em relação aos sistemas com menor grau de industrialização.

Sobre os processos em ambos os sistemas, enquanto no sistema construtivo convencional, pilares, vigas, lajes e alvenarias de vedação são os principais elementos, na alvenaria estrutural as paredes cumprem a função de integrar a

vedação e a estrutura. Por cumprir esta dupla função, há uma redução significativa nas etapas e no tempo de execução da alvenaria estrutural (MANZIONE, 2004). Isso corrobora com Polito (2015), que julga ser preciso fugir do caráter artesanal dos processos usuais, devendo-se buscar graus mais elevados de industrialização e mecanização, principalmente nas atividades que exigem alta demanda de mão de obra. Tauil e Nesse (2010), complementam que a alvenaria de blocos de concreto, quando tratada de forma adequada, proporciona vantagens significativas no processo de racionalização da construção quando comparada aos outros processos.

As vantagens da alvenaria estrutural segundo Bastos (2014) são a redução dos revestimentos argamassados, uma vez que as paredes apresentam maior homogeneidade em suas superfícies. Redução nas taxas de desperdícios, tanto pela redução significativa do número de fôrmas de madeira empregadas quanto pelo fato da construção ser modular e otimizada, acarretando no maior aproveitamento dos recursos materiais. Apresenta bons desempenhos térmicos e acústicos. E por fim, possibilita a redução da duração de determinadas etapas de execução da obra culminando na redução de gastos com mão de obra.

Ainda segundo Bastos (2014), as desvantagens desse sistema são a necessidade de mão de obra qualificada para adequada execução, balanços excessivos e vãos muito grandes podem representar um empecilho e a impossibilidade de mudanças arquitetônicas, uma vez que as paredes desempenham papel estrutural elas não podem ser derrubadas para novas configurações de ambientes ou serem realizadas benfeitorias, como cortes ou rasgos.

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O presente trabalho tem como objetivo fazer uma análise de viabilidade comparativa da execução de uma habitação unifamiliar padrão popular entre os processos construtivos baseados em alvenaria estrutural de blocos de concreto vazados e a alvenaria convencional, o processo construtivo mais empregado no país, o qual é baseado em concreto armado com vedações em blocos cerâmicos.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários e serão apresentados nos próximos itens.

1.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é analisar a viabilidade econômica da execução de uma habitação unifamiliar padrão popular em alvenaria estrutural de blocos de concreto comparada ao sistema construtivo convencional de alvenaria de vedação em tijolos cerâmicos e concreto armado.

1.2.2 Objetivos Secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- Apresentar uma pesquisa bibliográfica para embasar a comparação dos sistemas construtivos estudados;
- Demonstrar os quantitativos de materiais e mão de obra para ambos os sistemas;
- Apontar os valores executivos de uma edificação popular em ambos os sistemas.

1.3 JUSTIFICATIVA

Face ao déficit habitacional que o Brasil enfrenta, Lacerda (2005) comenta que a construção civil deve estar capacitada a produzir habitações que além de seguras e duráveis, proporcionem um menor custo e execução fácil e rápida. Rosário (2017) salienta que a alvenaria estrutural, devido suas vantagens comparadas ao método

convencional, pode ser inserida na construção civil como forma de combate a esse déficit habitacional.

Desse modo, o uso da alvenaria estrutural em blocos de concreto na execução de residências unifamiliares padrão popular se torna uma alternativa a ser investigada, podendo ser comprovado que esse sistema construtivo garante maior viabilidade do acesso aos imóveis por essas classes, uma vez que há redução de prazos e custos de execução.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o embasamento teórico busca-se conceituar os principais elementos envolvidos no presente estudo.

2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL

Alvenaria é o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface formando um elemento vertical coeso. Esse conjunto serve para vedar espaços, resistir a cargas e impactos, à ação do fogo, isolar acústica e termicamente os ambientes (TAUIL e NESSE, 2010). A alvenaria estrutural ou alvenaria autoportante é assim nomeada pois desempenha, além das funções descritas, também a função estrutural. Sendo assim, dispensa-se o uso de vigas e pilares em concreto armado. Segundo Parsekian (2012), uma parede estrutural é admitida como participante da estrutura, servindo de apoio às lajes e outros instrumentos da construção. Trata-se de um elemento de alvenaria não armado, onde a armadura é desconsiderada para resistir aos esforços solicitantes.

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo completo, com alto grau de racionalidade, que suporta e organiza os outros subsistemas da edificação (MANZIONE, 2004). Segundo Siqueira et. Al, (2007), o sucesso de um projeto de alvenaria estrutural depende da definição dos elementos estruturais, modulação da alvenaria conforme a arquitetura e a definição das paredes que terão função de vedação e das paredes que desempenharão função estrutural e qual será seu tipo.

2.1.1 Tipos de Alvenaria Estrutural

A seguir são descritos os tipos de alvenaria estrutural existentes conforme Tauil e Nesse (2010) descreve:

- Alvenaria estrutural não armada de blocos vazados de concreto: tipo de alvenaria que não recebe graute e que possui reforços de aço somente por razões construtivas em vergas e contravergas ou aberturas, esse reforço tem como função evitar patologias futuras como trincas e fissuras.
- Alvenaria estrutural armada ou parcialmente armada de blocos vazados de concreto: esse tipo de alvenaria recebe reforços em algumas regiões devido os esforços solicitantes do projeto. São utilizadas armaduras passivas de fios, barras e telas de aço dentro dos vazados dos blocos grauteados posteriormente. Considera-se o preenchimento de todas as juntas verticais.
- Alvenaria protendida: alvenaria reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada) que submete à alvenaria esforços de compressão. Esse tipo de alvenaria é pouco utilizado pois os materiais e mão de obra têm custos muito altos.

2.1.2 Bloco de Concreto

Os blocos são elementos vibroprensados, devem apresentar um aspecto homogêneo e compacto, com aresta vivas, sem trincas e textura com aspereza adequada à aderência de revestimentos (MANZIONE, 2004). Os blocos vazados de concreto simples para a alvenaria estrutural são regulamentados e normatizados pela NBR 6136 (2016) que dispõe sobre as condições exigíveis para a aceitação deste elemento, confeccionado com cimento Portland, água e agregados minerais.

Ainda, segundo a NBR 6136 (2016), os blocos são enquadrados em duas classes: classe A - bloco com função estrutural para aplicações abaixo do nível do solo com *fbk* mínimo de 8,0 Mpa. Classe B – bloco com função estrutural com *fbk* entre 4,0 Mpa e 8,0 Mpa. E por fim classe C – blocos com ou sem função estrutural com *fbk* mínimo de 3,0 Mpa. É permitido o uso de blocos com função estrutural classe C desde que possua uma largura mínima de 90 mm para edificações de no máximo um pavimento, 115 mm para edificações de no máximo dois pavimentos e de 140 mm a 190 mm para edificações de até cinco pavimentos. Os blocos com largura de 65 mm têm seu uso restrito para alvenaria sem função estrutural.

Suas dimensões ideais são padronizadas conforme a coordenação modular, Manzione (2004) comenta que a utilização de blocos em coordenação modular elimina o uso de blocos com dimensões especiais, reduzindo a diversidade de elementos na obra. Essas dimensões padronizadas são múltiplas do módulo $M = 10$ cm, diminuídas em 1 cm, que correspondem à espessura média da junta de argamassa. Na Tabela 1 são apresentadas as dimensões padronizadas que os blocos vazados de concreto devem atender.

Tabela 1 - Dimensões Padronizadas

Dimensões Nominais	Designação	Largura	Altura	Comprimento
(cm)		(mm)	(mm)	(mm)
20 X 20 X 40	M-20	190	190	390
20 X 20 X 20	M-20	190	190	190
15 X 20 X 40	M-15	140	190	390
15 X 20 X 20	M-15	140	190	190

Fonte: NBR 6136 (2016).

2.1.3 Aspectos Construtivos

Em primeiro momento, como todo serviço de engenharia, deve-se analisar o arranjo arquitetônico e a geometria da futura edificação, para a execução do projeto. Tauil e Nesse (2010) comentam que a geometria e volumetria da edificação informam quais as paredes serão portantes, de contraventamento e de vedação. Em seguida, deve se analisar qual o bloco que será utilizado nas empenas portantes. É importante também, definir, o sentido de colocação e armação das lajes que trabalharão em conjunto com o sistema estrutural.

Depois de levantados todos os dados e configuração arquitetônica do projeto, se faz necessário a compatibilização e adaptação do mesmo ao projeto de alvenaria estrutural. Deve-se considerar as ações atuantes na edificação e esforços solicitantes, que basicamente são as cargas permanentes e acidentais e todas as ações que possam produzir esforços importantes.

Por fim, o aço, que tem papel fundamental nas alvenarias, seja pelas simples amarrações entre os elementos, seja para resistir à esforços na alvenaria armada. Os aços devem atender às regulamentações da NBR 7480.

A NBR 15961-1 (2011) não permite execução de condutores de fluidos em paredes estruturais, somente quando a instalação e manutenção dos mesmos não exigirem cortes na alvenaria.

2.2 ALVENARIA CONVENCIONAL: CONCRETO ARMADO E VEDAÇÃO EM BLOCOS CERÂMICOS

Em estruturas de concreto armado, a sustentação da edificação se dá através dos elementos armados preenchidos em concreto – pilares, vigas e lajes. As paredes, em blocos cerâmicos possuem exclusivamente função de vedação (TEIXEIRA, 2018). Para Jodas (2006), a alvenaria de vedação corresponde ao emprego de elementos unidos entre si, com o objetivo de fechar um ambiente garantindo segurança e conforto à edificação dentro de um sistema estruturado.

2.2.1 Alvenaria de Vedação e Blocos Cerâmicos

Segundo Thomaz et. Al (2009), as alvenarias de vedação são destinadas a compartimentar espaços ao preencher os vãos das estruturas de concreto armado. Desse modo as únicas cargas que ela deve suportar são do peso próprio, de utilização e de eventuais cargas laterais. O conceito de alvenaria de vedação para Jodas (2006), corresponde ao emprego de elementos unidos entre si, com o objetivo de vedar um ambiente, garantindo segurança, conforto e habitabilidade à edificação.

Para Thomaz et. Al (2009), os blocos cerâmicos utilizados na execução das alvenarias de vedação devem atender à norma NBR 15270-1 que dispõe sobre os requisitos mínimos em relação as dimensões e desempenhos físicos e mecânicos do bloco. As dimensões devem ser múltiplas do dimensional $M = 10 \text{ cm}$ menos 1 cm.

2.2.2 Aspectos Construtivos

A elaboração de um bom projeto arquitetônico assim como seus complementares, contribuem para a qualidade no assentamento da alvenaria de tijolos cerâmico. Projetos de detalhamentos construtivos, estruturais e outros garantem o melhor aproveitamento do tijolo cerâmico, reduzindo a geração de resíduos e conseqüentemente custos (SOARES, 2015).

A forma de ligação das paredes com os pilares, segundo Thomaz et. Al (2009), deve ser definida em projeto a fim de prevenir futuros destacamentos. Essa ligação pode ser executada com telas metálicas introduzidas a cada duas fiadas. Antes da inserção desse dispositivo de fixação, cuidados devem ser tomados. Primeiramente deve-se fazer a limpeza do pilar e retirada de todo desmoldante e em seguida as camadas de arranque das alvenarias devem receber camada de chapisco.

3 METODOLOGIA

O embasamento teórico deste estudo buscou relacionar todos os conceitos básicos que dizem respeito à construção civil e seus sistemas construtivos em alvenaria estrutural e o sistema construtivo tradicional.

Buscou-se incorporar ao estudo os principais conceitos técnicos e especificações sobre o método. Para isso, utilizam-se as normas técnicas ABNT que conceituam, especificam e dão as principais diretrizes para o sistema construtivo abordado. A seguir são listadas as normas que servem de embasamento para este estudo:

- ABNT NBR 15961-1 Alvenaria estrutural de blocos de concreto parte 1: projeto (2011);
- ABNT NBR 15961-2 Alvenaria estrutural de blocos de concreto parte 2: execução e controle de obras (2011);
- ABNT NBR 6136 Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural (2016).
- ABNT NBR 7480: Aço destinado para armaduras de concreto armado – Especificação (2007).

Finalizada a revisão bibliográfica, prosseguiu-se a análise do projeto escolhido para o estudo, através do levantamento de quantidades e tratamento dos dados para que, em seguida, pudessem ser quantificados seus respectivos preços. Desse modo, a pesquisa realizada possui características quantitativas e descritivas, pois tem como objetivo quantificar e discorrer sobre todas as considerações realizadas e resultados obtidos.

A execução do orçamento foi realizada para o sistema construtivo em alvenaria estrutural e em alvenaria convencional que demonstra os custos unitários de mão de obra e material para cada serviço.

3.1 DA EDIFICAÇÃO

A edificação escolhida para o estudo consiste em uma obra habitacional com área total equivalente a 50 m² e área útil de 43,68 m². O sistema construtivo adotado para execução do projeto inicial é estrutura em concreto armado com paredes de vedação em blocos cerâmicos 9X14X19 cm. Possui platibanda e o telhado tem inclinação de 10% com fechamento em telhas de fibrocimento 6 mm e treliças e tramas em madeira. Dispõe de laje em concreto armado de espessura igual a 10 cm. O revestimento considerado para todos os pisos da residência resume-se a lajotas cerâmicas e as calçadas são em concreto desempenado manualmente. As esquadrias constituem-se em janelas do tipo *blindex* e portas de madeira. O pé-direito é de 2,60 m e a fundação é do tipo rasa.

No Anexo A é apresentada a planta baixa da edificação. A empresa que forneceu o projeto estudado preferiu não se identificar e manter sigilo quanto a sua identidade. Desta forma não pode ser referenciada.

3.2 DO ORÇAMENTO

Em primeiro momento, para que pudesse ser confeccionado o orçamento para ambos os sistemas construtivos, houve a necessidade de ajustar o projeto arquitetônico para a alvenaria estrutural, as dimensões apresentadas em planta baixa foram modificadas para que houvesse a otimização do processo construtivo, buscou-se implementar a todas as paredes dimensões múltiplas de 20 cm. Foram considerados que todas as paredes desempenham papel estrutural, ou seja, são portantes. O bloco escolhido possui dimensões 14X19X39 cm, sua designação, como já apresentada na Tabela 1, é a M-15 e sua resistência é $f_{bk} = 4,5$ Mpa. Em todas as interseções de paredes ou mudanças de direção é desejável que seja executada armação e grauteamento verticais na seção vazada dos blocos que se intercalam naquela junta, adotando-se tal procedimento executivo. A armação escolhida é em aço CA-50 com diâmetro nominal de 10 mm.

Após a execução das paredes portantes da edificação é indispensável a execução da cinta de amarração no topo dessas paredes, o que garantirá sua integridade. A cinta de amarração adotada para o estudo seria executada com blocos de concreto do tipo canaleta de dimensões 14X19X39 cm, armação em aço CA-50 com diâmetro nominal de 10 mm e preenchimento com graute. As vergas e contravergas seguem o mesmo processo construtivo da cinta de amarração, o único item que difere é o diâmetro nominal do aço, que nesse caso é considerado CA-50 de 8,0 mm.

No que se refere a planilha orçamentária, seu desenvolvimento visou abranger itens que se distinguem entre um modelo construtivo e outro ou itens que causem impacto quando comparados os modelos. A execução da laje não foi mencionada em nenhuma das planilhas, visto que o tipo de laje independe do modelo construtivo abordado.

Para a alvenaria convencional a planilha consta como superestrutura a execução de pilares e vigas moldados *in loco* (armação, fôrmas e concretagem). A alvenaria de vedação é composta por blocos cerâmicos furados na horizontal de dimensões 9X14X19 cm assentados com argamassa de preparo em betoneira. As vergas e contravergas são em concreto armado moldadas *in loco*. Julgou-se importante constar na planilha rasgos na alvenaria para execução das instalações elétricas e hidrossanitárias, uma vez que esse tipo de serviço não é recorrente na alvenaria estrutural.

Em relação a alvenaria estrutural, as paredes portantes desempenham o papel estrutural, logo a planilha discorre sobre o passo a passo para execução delas. Em primeiro momento é considerada a execução das paredes com blocos de concreto vazados de dimensões 14X19X39 cm assentados com argamassa e com auxílio de palheta. Em seguida, considera-se a armação e grauteamento verticais das juntas e interseções de paredes. Posteriormente, a cinta de amarração com blocos do tipo canaleta, armados e preenchidos com graute, assim como as vergas nos vãos superiores de janelas e portas.

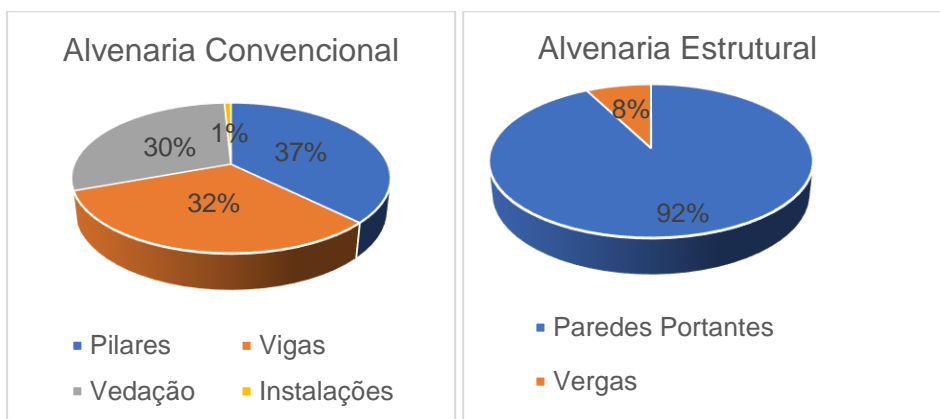
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos apêndices A e B são apresentadas as planilhas orçamentárias desenvolvidas neste estudo. É possível observar cada composição de serviço, a quantidade que ela apresenta no projeto, seus valores unitários de mão de obra e materiais e por fim o custo final.

O orçamento da alvenaria convencional obteve um custo total de R\$ 38.028,90 e foi estruturado em subtópicos: os pilares representam 37,39% do custo total da obra sendo R\$ 14.220,04 sua parcela. As vigas representam 32,02% sendo R\$ 12.176,42 o seu custo. As vedações correspondem a 29,78% com um custo de R\$ 11.325,99. E finalmente, os rasgos para instalações elétricas e hidrossanitárias, que representam 0,8% do custo da obra.

Já o custo final da residência considerando o sistema construtivo em alvenaria estrutural totalizou em R\$ 11.967,22 e foi estruturado nos seguintes subtópicos: as paredes portantes que representaram 92,36% do preço total sendo seu custo R\$ 11.053,51 e as vergas que corresponderam a 7,63% com um custo de R\$ 913,71.

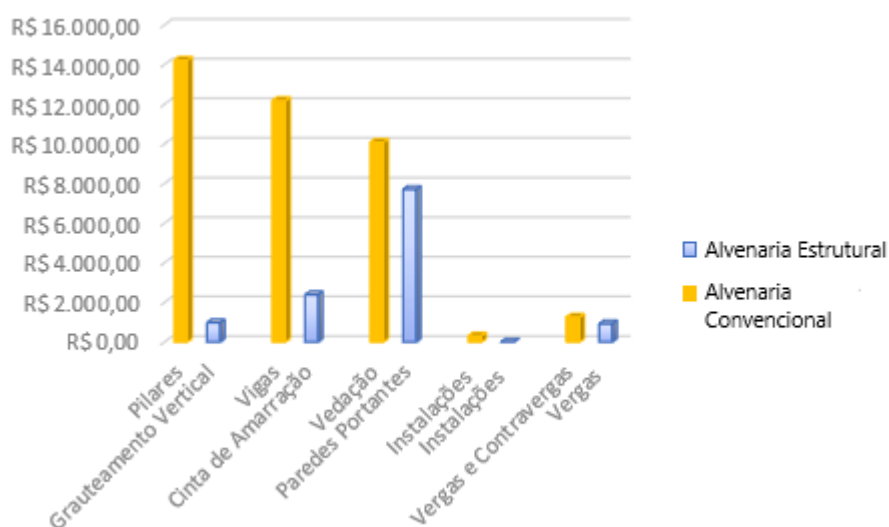
Essas porcentagens representativas são esquematizadas nos gráficos apresentados na Figura 2 a seguir. Ao observar os gráficos e os orçamentos é de fácil percepção que os elementos estruturais da alvenaria estrutural sofrem redução tanto em quantidade quanto em custo quando comparados os sistemas construtivos. A redução de elementos estruturais implica na diminuição de prazos para execução, isso é pormenorizado no próximo tópico.

Figura 1 - Orçamentos Alvenaria Convencional e Estrutural

Fonte: Autora (2019)

4.1 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Correlacionando os itens, de ambas as planilhas orçamentárias, que desempenham as mesmas funções obteve-se o gráfico mostrado na Figura 3. Quando é dito que os itens observados no gráfico desempenham as mesmas funções, deve-se levar em conta que tratamos de sistemas construtivos distintos, cada qual com suas particularidades, portanto a comparação feita na Figura 3 tem um cunho didático para melhor visualização das discrepâncias identificadas no estudo.

Figura 2 – Análise comparativa econômica

Fonte: Autora (2019)

Como dito anteriormente, é possível observar que os custos em todas as etapas são reduzidos na alvenaria estrutural, tornando-a mais economicamente vantajosa.

5 CONCLUSÃO

O déficit habitacional do Brasil juntamente com o sistema construtivo convencional baseado no concreto armado com vedações em blocos cerâmicos representa a problemática estudada nessa pesquisa, uma vez que, essa combinação não vem sendo muito efetiva em termos de tecnologias empregadas, otimização de processos e redução de custos e prazos por se tratar de um método pouco industrializado.

O estudo teve como intuito comparar a execução de uma residência unifamiliar com a alvenaria convencional e a alvenaria estrutural, essa última, apontada como possível solução para os problemas encontrados, visto que otimiza os processos executivos, possui maior grau de industrialização e diminui etapas em relação ao concreto armado acarretando em diminuição de prazos e consequentemente custos com mão de obra.

Tendo como base os resultados obtidos no estudo, conclui-se que a alvenaria estrutural em blocos vazados de concreto apresentou resultados muito mais satisfatórios em relação ao concreto armado com vedações em blocos cerâmicos. Os custos para execução da estrutura da residência reduziram aproximadamente 3,5 vezes.

A redução de custos se justifica com a diminuição de elementos estruturais a serem executados. Enquanto no concreto armado são necessários pilares e vigas, moldados em fôrmas de madeira que devem ser fabricadas, montadas e desmanchadas após a cura do concreto, assim como a execução das armações dos elementos, na alvenaria estrutural as próprias paredes se encarregam de resistir aos esforços solicitantes, o grauteamento das juntas verticais é feito utilizando o vazado dos próprios blocos que constituem a parede, dispensando-se assim, o uso de fôrmas de madeira, o mesmo ocorre com a cinta de amarração que é executada em blocos de concreto do tipo canaletas.

Logo, o emprego da alvenaria estrutural em blocos de concreto é uma alternativa para redução dos desperdícios, resíduos gerados pela obra, retrabalhos e otimização do processo diminuindo o prazo de execução, principalmente quando se tratam de construções que seguem um padrão semelhante.

Dessa forma, com os resultados obtidos pelas planilhas orçamentárias é evidente a vantagem econômica de se executar uma residência unifamiliar em alvenaria estrutural. Resta agora, no que tange à fomentação desse sistema construtivo no cenário nacional, buscar práticas que o viabilizem cada vez mais com embasamento nos estudos que vem sendo feitos na última década.

5.1 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Os estudos realizados neste trabalho visaram determinadas etapas da execução de uma residência unifamiliar, aquelas julgadas importantes e impactantes entre um sistema construtivo e outro. Entretanto, outros trabalhos podem vir a complementá-lo, baseando-se por exemplo, no orçamento completo da residência ou então levando esse estudo a outros patamares contemplando residências multifamiliares como prédios ou edifícios comerciais.

6 REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 15961-1**: Alvenaria estrutural – blocos de concreto. Parte 1: projeto. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 15961-2**: Alvenaria estrutural – blocos de concreto. Parte 2: execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos. Parte 1: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 7480**: Aço destinado para armaduras de concreto armado – Especificação. Rio de Janeiro, 2007.

ALMEIDA, Marcio Fortes de. **Plano Nacional de Habitação**, Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação, 2009.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Apostila 2156** - alvenaria estrutural. UNESP, 2014.

CRUZ, Hebert Melo et. Al. **Causas da variabilidade do tempo de execução dos processos em diferentes sistemas construtivos**. Universidade Federal do Sergipe, 2018.

JODAS, Marcela. **Estudo das ligações entre pilares de concreto e alvenaria cerâmica de vedação**. UNESP, 2006.

LACERDA, Pedro Amar Ribeiro De. **Estudo comparativo entre um orçamento convencional de construção e um orçamento com utilização de coordenação modular**: aplicação em alguns serviços de uma residência unifamiliar de classe média-baixa. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MANZIONE, Leonardo. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. Editora O Nome da Rosa. São Paulo, 2004.

PARSEKIAN, Guilherme Aris. **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. EdUFSCar. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

POLITO, Giulliano. **Gerenciamento de obras:** boas práticas para a melhoria da qualidade e da produtividade. Editora PINI. São Paulo, 2015.

ROSÁRIO, Alex Márcio Cabral do. **Estudo comparativo de custo entre alvenaria estrutural, paredes de concreto armado e alvenaria em painéis modulares.** Universidade Federal do Pará, 2017.

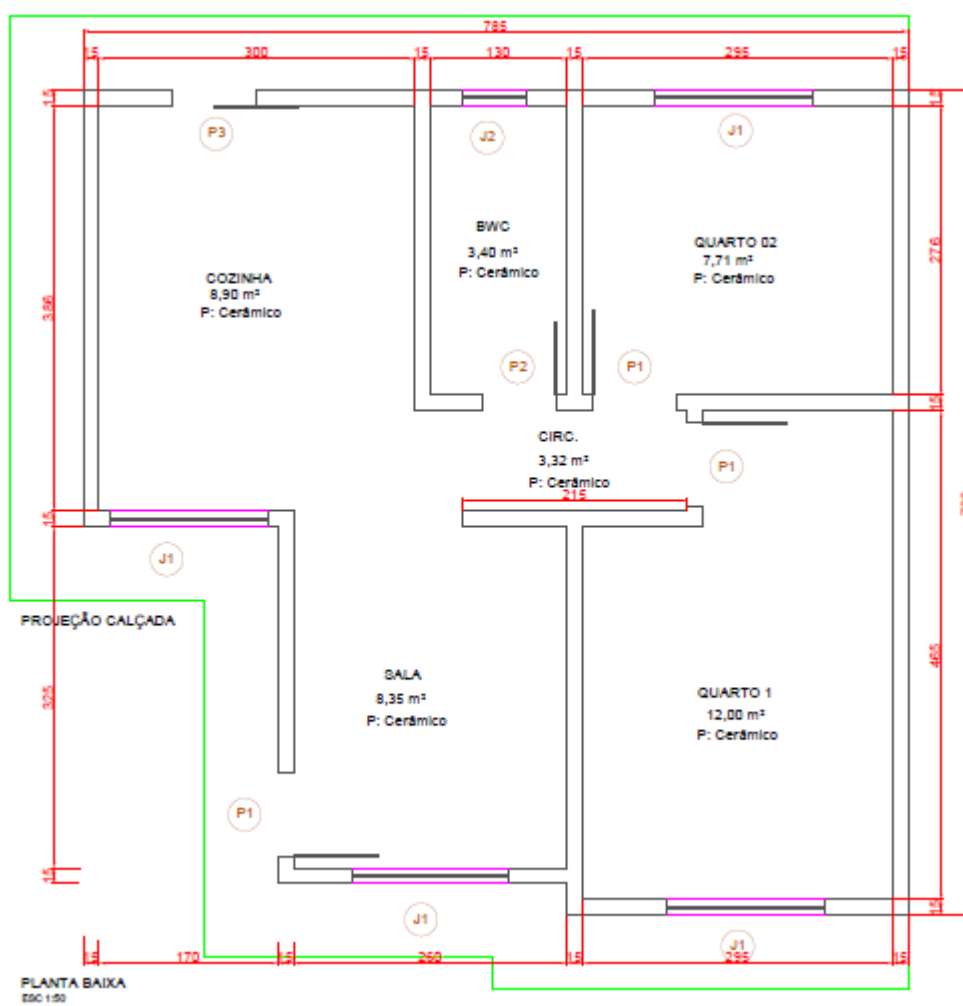
SIQUEIRA, Renata et. Al. **Coordenação modular da alvenaria estrutural:** concepção e representação. PUC Minas, 2007.

SOARES, Glauciene Aquino de Almeida. **A utilização das alvenarias de vedação de tijolo cerâmico e painéis de vedação de concreto moldado *in loco* nas habitações de interesse social na cidade de João Pessoa.** Revista Especialize Online IPOG, 2015.

TAUIL, Carlos Alberto e Nesse, Flávio José Martins. **Alvenaria estrutural.** Editora PINI. São Paulo, 2010.

TEIXEIRA, Juliano Domingues. **Sistema construtivo:** estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação cerâmica, 2018.

ANEXO A - Planta baixa da edificação



APÊNDICE A - Orçamento para Alvenaria Convencional

Obra: Casa Unifamiliar Padrão Popular					Base Banco de Dados: SINAPI / julho 2019			
Tipo: Alvenaria Convencional em Concreto Armado					Custo unitário	Custo unitário	Custo Total	
Item	Código	Especificação	Quantidade	Unidade Medida	Material	Mão de Obra		
1		Pilares			R\$ 466,12	R\$ 264,74	R\$ 14.220,04	
1.1	92408	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MENOR OU IGUAL A 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_12/2015	44,00	m²	R\$ 88,61	R\$ 94,63	R\$ 8.062,56	
1.2	92269	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA PILARES E ESTRUTURAS SIMILARES, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM. AF_12/2015	44,00	m²	R\$ 65,68	R\$ 17,88	R\$ 3.676,64	
1.3	92777	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	145,00	kg	R\$ 7,41	R\$ 3,25	R\$ 1.545,70	
1.4	92718	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	2,06	m³	R\$ 304,42	R\$ 148,98	R\$ 935,14	
2		Vigas			R\$ 469,75	R\$ 294,92	R\$ 12.176,42	
2.1	92777	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	166,00	kg	R\$ 7,41	R\$ 3,25	R\$ 1.769,56	
2.2	92270	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM. AF_12/2015	40,00	m²	R\$ 56,48	R\$ 11,59	R\$ 2.722,80	
2.3	92446	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM PONTALETE DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_12/2015	40,00	m²	R\$ 90,35	R\$ 70,23	R\$ 6.423,20	
2.4	92741	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA QUALQUER TIPO DE LAJE COM BALDES EM EDIFICAÇÃO TÉRREA, COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MENOR OU IGUAL A 20 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	2,40	m³	R\$ 315,51	R\$ 209,85	R\$ 1.260,86	
2		Vedação			R\$ 180,74	R\$ 233,51	R\$ 11.325,99	
2.1	87499	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	5,72	m²	R\$ 30,54	R\$ 51,99	R\$ 472,07	

2.2	87507	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	54,50	m²	R\$	26,22	R\$	40,72	R\$	3.648,23
2.3	87515	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	17,00	m²	R\$	33,92	R\$	62,78	R\$	1.643,90
2.4	87523	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	57,00	m²	R\$	28,31	R\$	47,30	R\$	4.309,77
2.5	93196	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO. AF_03/2016	10,00	m	R\$	30,35	R\$	15,36	R\$	457,10
2.6	93186	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	17,00	m	R\$	31,40	R\$	15,36	R\$	794,92
3		Instalações Elétricas			R\$	1,29	R\$	4,80	R\$	121,80
3.1	90447	RASGO EM ALVENARIA PARA ELETRODUTOS COM DIAMETROS MENORES OU IGUAIS A 40 MM. AF_05/2015	20	m	R\$	1,29	R\$	4,80	R\$	121,80
4		Instalações Hidrossanitárias			R\$	2,50	R\$	9,81	R\$	184,65
4.1	90443	RASGO EM ALVENARIA PARA RAMAIS/ DISTRIBUIÇÃO COM DIAMETROS MENORES OU IGUAIS A 40 MM. AF_05/2015	15	m	R\$	2,50	R\$	9,81	R\$	184,65
TOTAL					R\$	1.120,40	R\$	807,78	R\$	38.028,90

APÊNDICE B - Orçamento para Alvenaria Estrutural

Obra: Casa Unifamiliar Padrão Popular					Base Banco de Dados: SINAPI / julho 2019		
Tipo: Alvenaria Estrutural					Custo unitário	Custo unitário	Custo Total
Item	Código	Especificação	Quantidade	Unidade Medida	Material	Mão de Obra	
1		Estrutura e Vedação					
1.1		Paredes Portantes			R\$ 907,91	R\$ 625,01	R\$ 11.053,51
1.1.1	89453	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM, (ESPESSURA 14 CM), FBK = 4,5 MPA, PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M², SEM VÃOS, UTILIZANDO PALHETA. AF_12/2014	5,70	m²	R\$ 42,94	R\$ 15,44	R\$ 332,77
1.1.2	89457	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM, (ESPESSURA 14 CM), FBK = 4,5 MPA, PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M², COM VÃOS, UTILIZANDO PALHETA. AF_12/2014	18,00	m²	R\$ 44,83	R\$ 17,83	R\$ 1.127,88
1.1.3	89454	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM, (ESPESSURA 14 CM), FBK = 4,5 MPA, PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M², SEM VÃOS, UTILIZANDO PALHETA. AF_12/2014	55,00	m²	R\$ 40,91	R\$ 14,58	R\$ 3.051,95
1.1.4	89458	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM, (ESPESSURA 14 CM), FBK = 4,5 MPA, PARA PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M², COM VÃOS, UTILIZANDO PALHETA. AF_12/2014	55,00	m²	R\$ 41,93	R\$ 15,95	R\$ 3.183,40
1.1.5	89996	ARMAÇÃO VERTICAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_01/2015	28,00	kg	R\$ 5,24	R\$ 1,85	R\$ 198,52
1.1.6	89993	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_01/2015	1,20	m³	R\$ 358,76	R\$ 287,82	R\$ 775,90
1.1.7	93205	CINTA DE AMARRAÇÃO DE ALVENARIA MOLDADA IN LOCO COM UTILIZAÇÃO DE BLOCOS CANALETA. AF_03/2016	50,00	m	R\$ 17,13	R\$ 7,66	R\$ 1.239,50
1.1.8	89998	ARMAÇÃO DE CINTA DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 10,0 MM. AF_01/2015	34,00	kg	R\$ 5,13	R\$ 1,44	R\$ 223,38
1.1.9	89995	GRAUTEAMENTO DE CINTA SUPERIOR OU DE VERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_01/2015	1,50	m³	R\$ 351,04	R\$ 262,44	R\$ 920,22
2.1		Vergas			R\$ 380,38	R\$ 209,99	R\$ 913,71

2.1.1	93190	VERGA MOLDADA IN LOCO COM UTILIZAÇÃO DE BLOCOS CANALETA PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	10,50	m	R\$	21,69	R\$	8,28	R\$	314,69
2.1.2	93192	VERGA MOLDADA IN LOCO COM UTILIZAÇÃO DE BLOCOS CANALETA PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO. AF_03/2016	7,50	m	R\$	23,31	R\$	8,62	R\$	239,48
2.1.3	89999	ARMAÇÃO DE VERGA E CONTRAVERGA DE ALVENARIA ESTRUTURAL; DIÂMETRO DE 8,0 MM. AF_01/2015	8,00	kg	R\$	6,86	R\$	4,47	R\$	90,64
2.1.4	89994	GRAUTEAMENTO DE CINTA INTERMEDIÁRIA OU DE CONTRAVERGA EM ALVENARIA ESTRUTURAL. AF_01/2015	0,52	m ³	R\$	328,52	R\$	188,62	R\$	268,91
TOTAL						R\$ 1.288,29	R\$ 835,00	R\$ 11.967,22		