

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE ALVENARIA ESTRUTURAL NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS

MARCO ANTONIO FARIAS MORIS¹

BRUNO RODRIGUES DOS SANTOS²

ANDREIA ALVES BOTIN²

RESUMO: A construção civil encontra-se em constante desenvolvimento e esse mercado exige cada vez mais novas tecnologias e métodos construtivos que maximize a produção em menor tempo, e principalmente que não gere grandes impactos ambientais. A partir desse contexto, esse trabalho aborda o método construtivo em alvenaria estrutural e seus benefícios, apresentando os reais motivos que influenciam a tomada de decisão da escolha desse sistema construtivo, dentre elas a viabilidade econômica, redução de materiais empregados na construção e a relação consumo de matérias por quantidades de pavimentos. Assim, esse trabalho tem como principal objetivo analisar e confirmar a viabilidade desse método construtivo em construções de múltiplos pavimentos quando comparado com sistema de alvenaria convencional de concreto armado, e para auxiliar nesse estudo será apresentado gráficos que possa demonstrar e exemplificar a relação dos consumos de materiais e relacionar com custo final da obra, logo, para que correlacione os custos aos sistemas convencionais e aplique o sistema de alvenaria estrutural.

Palavras chaves: Blocos de concreto, alvenaria estrutural, concreto armado, custo blocos.

ANALYSIS OF VIABILITY OF STRUCTURAL MASONRY IN THE CONSTRUCTION OF MULTIPLE FLOOR BUILDINGS

ABSTRACT: Civil construction is in constant development and this market demands more and more new technologies and constructive methods that maximize production in a shorter time, and mainly that does not generate great environmental impacts. From this context, this work approaches the constructive method in structural masonry and its benefits, presenting the real motives that influence the decision making of the choice of this constructive system, among them the economic feasibility, reduction of materials used in the construction and the relation consumption of materials by quantity of flooring. Thus, this work has as main objective to analyze and confirm the viability of this constructive method in multi-floor constructions, and to assist in this study will be presented graphs that can demonstrate and exemplify the relation of the consumption of materials and relate to the final cost of the work, so to correlate the cost to conventional systems and apply the structural masonry system.

Keywords: Concrete blocks, structural masonry, reinforced concrete, cost blocks.

¹ Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Sinop – FASIPE, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: marco_pontarolo@hotmail.com

² Professor de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Sinop – FASIPE, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: engenharia@fasipe.com.br

INTRODUÇÃO

Os principais fatores referidos ao sistema de Alvenaria Estrutural (AE) são os princípios de industrialização, processo de racionalização do sistema, qualidade e a economia que são as grandes vantagens apresentadas no método construtivo.

Sabe-se que a alvenaria estrutural existe a milhares de anos, e a sua utilização começou a partir de conhecimento empírico. Os relatos mais expressivos do seu uso são as catedrais ainda na antiguidade, essas obras consideradas magníficas, existentes até os tempos de hoje em excelente estado de conservação, comprovam o potencial, a qualidade e a durabilidade deste sistema construtivo de alvenaria estrutural.

Considerando-se que o método construtivo de alvenaria estrutural tem se tornado uma opção nas construções que requer menos tempo de execução, construção mais enxuta, além do mais a (AE) apresenta alguns benefícios dentre eles o alto controle de planejamento no processo de execução, redução de resíduos/entulhos nos canteiros de obras, gerando assim, conseqüentemente, um menor impacto ambiental. Um resultado satisfatório em relação ao custo benefício e execução de obras em menor tempo [...], (SÁNCHEZ EMIL 2013).

A partir dessas considerações é possível verificar a viabilidade do uso (AE) para edificações de múltiplos pavimentos. Devido ao sistema ser pouco aplicado nas construções por falta de cognição dos sistemas construtivos faz com que o mesmo seja pouco aplicado nas construções.

Desta maneira qual a viabilidade de construir com (AE), quando se comparado ao sistema convencional em concreto armado? Deve-se ter como critérios para poder comparar os sistemas (AE) e o método convencional de concreto armado alguns objetivos específicos, dentre eles: análise da exequibilidade do sistema construtivo, benefícios, produtividade e conseqüentemente criar um instrumento para representar dados de efeito que seja conveniente para ser aplicado.

REVISÃO DA LITERATURA

Construção civil

Atualmente a construção civil no Brasil passa por um período de grandes modificações, gerada pela política econômica e financeira que abrange o país, assim sendo, construtores sempre estão em busca de um sistema de construção mais viável economicamente e que apresente mais vantagens em relação ao seu custo benefício.

Na construção civil há altos investimentos tecnológicos e financeiros o que permite uma ampla descoberta de novas técnicas de construção aspirando minimizar custos, o que antes já era importante, a cada dia vem se tornando mais indispensável para as construtoras que prezam por resultados que façam se assegurar a competitividades no mercado. Ainda que alcancem umas séries de outras vantagens como o aumento na produtividade e a redução dos resíduos nas obras assim obtendo um menor custo e um alto controle da gestão de processos (SÁNCHEZ EMIL, 2013).

Alvenaria estrutural

As principais construções em alvenaria estrutural existem desde o surgimento das

primeiras civilizações, o sistema consistia na organização de pedras para montar paredes. Hoje, esse sistema construtivo agrega cálculos específicos com blocos de concreto que contém dimensões exatas e modulação com qualidades asseguradas (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Considerando os padrões de construção da época, as verificações de resistência das estruturas eram basicamente das experiências empíricas dos próprios construtores que foram passando de gerações para gerações tornando conhecimento muito empírico (CAMACHO, 1986).

Por meados dos anos 1889 a 1892 a construção do prédio Monadnock foi o marco no início do avanço na construção, o prédio contém 16 pavimentos, 65m de altura com paredes de 1,80m de largura no térreo. Essa construção foi caracterizada pela sua dificuldade e concepção do processo construtivo e suas limitações, apresentando um sistema lento e de custo muito elevado, mesmo assim, o método construtivo foi o mais usado no período entre a antiguidade e a revolução industrial (SÁNCHEZ EMIL, 2013).

Logo por meados de 1950 começaram a intensificação e a disseminação do uso da alvenaria estrutural sendo o sistema construtivo mais usado, mediante aos extremos resultados experimentais que criaram teorias e critérios de projetos, seguidos na fabricação de matérias e criação de equipamentos e componentes para execução do sistema (SÁNCHEZ EMIL, 2013).

Segundo Camacho (2006), pode-se classificar alvenaria estrutural através do processo construtivo utilizado ou até mesmo pelo material usado. De um modo geral, este método construtivo pode ser dividido em alvenaria estrutural não armada, armada ou parcialmente armada.

Alvenaria estrutural não armada

De acordo com a ABNT NBR 15961-1/2011 (Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto. Parte 1: Projeto): prevê que o elemento da estrutura não armada não necessita de armadura dimensionada para resistir aos esforços solicitantes na edificação.

A estrutura se caracteriza como não armada quando o aço vertical tem função apenas construtiva, quando se elabora o cálculo, os esforços solicitados na estrutura estão dentro dos valores absorvidos pela própria resistência da argamassa. Os limites estabelecidos pela NBR 15961-1/2011, são valores de resistência a tração na flexão (FTK).

Sempre que os limites de valores de tração forem ultrapassados a armadura longitudinal de combate a tração nas próprias paredes de contraventamento, se for necessário, não deve ser menor que 0,10% da área da seção transversal como apresentado na tabela 1 (ABNT NBR 15961-1/2011).

Tabela 1 – Valores característicos da resistência à tração na flexão - ftk

	Resistência média a compressão da argamassa (Mpa)		
	1,5 a 3,4 ^a	3,5 a 7,0 ^b	Acima de 7,0 ^c
Normal à fiada	0,10	0,20	0,25
Paralela à fiada	0,20	0,40	0,50

NOTA Valores relativos a área bruta

a

Classe P2 e P3, conforme ABNT NBR 13281

b

Classe P4 e P5, conforme ABNT NBR 13281

c

Classe P6, conforme ABNT NBR 13281

Fonte: NBR 15961-1/2011 (Blocos de Concreto. Parte 1: Projeto). (Adaptado).

Sempre que os limites de valores de tração forem ultrapassados a armadura longitudinal de combate a tração nas próprias paredes de contraventamento, se for necessário, não deve ser menor que 0,10% da área da seção transversal (ABNT NBR 15961-1/2011).

Alvenaria estrutural armada

Tendo em vista no item 2.2.1 (Alvenaria estrutural não armada), as necessidades da armadura na estrutura para suprir os esforços solicitantes surgem a alvenaria estrutural armada onde se usa o aço com o graute para atender aos esforços de tração solicitado pela estrutura.

Pode ser adotada em edificações com até mais de 20 pavimentos e são normalmente com blocos de concreto vazados, sendo todos os procedimentos de projeto e execução estabelecidos pelas normas ABNT NBR 10837/1989– (Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto) para cálculo estrutural, e ABNT NBR 8798/1985 – (Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto).

Os blocos utilizados nesses tipos de construção são concebidos no projeto, pois há uma necessidade de uma paginação de todas as paredes da edificação, tendo assim um projeto mais elaborado com mais detalhes referente ao projeto de modulação (ABNT NBR 8798-1985).

Alvenaria estrutural mista

Sempre que forem adotados mais de um tipo de materiais estruturais diferentes pode-se caracterizar com uma estrutura mista, onde podem ser empregadas os materiais como: aço, madeira, concreto armado e alvenaria, assim as alterações de qualquer projeto e elemento estrutural que tenha que ser removido deve ser analisado, e se houver a necessidade reforçar ou trocar o elemento retirado (SILVA, 2002).

Componentes da Alvenaria Estrutural

Existem algumas terminologias de componentes importantes referentes à alvenaria estrutural, os blocos de concreto, argamassa, graute e armadura, com a junção desses componentes têm-se partes das estruturas sendo elas: paredes estruturais, paredes de vedações, vergas, contravergas e cintas de amarrações (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Blocos vazados de concreto

O bloco vazado de concreto é um elemento produzido a partir da combinação de cimento, agregados miúdos e graúdos, por um processo industrial que utiliza máquinas que vibram e prensam esses elementos.

Esses blocos são definidos em dois padrões, com função estrutural e sem função estrutural preconizado pela ABNT NBR 6136/2007.

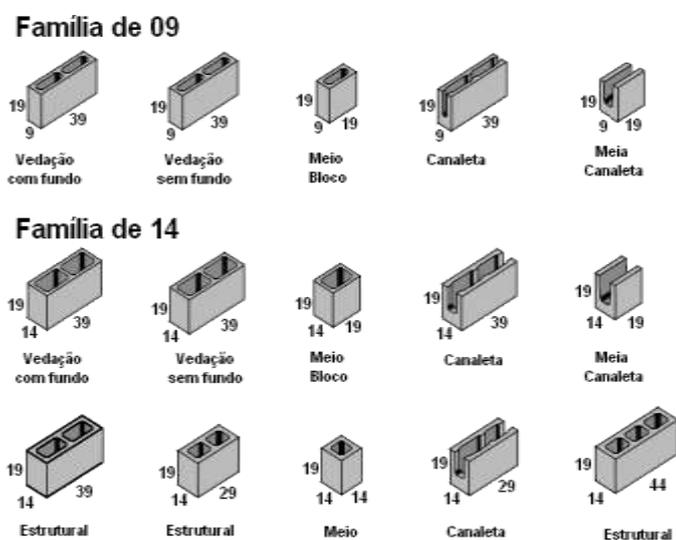
De acordo com a ABNT NBR 6136/2007 os blocos são classificados pelas classes A, B, C e D, que determina a indicação de uso e sua resistência característica do concreto à compressão (fbk), dividido em três classes: Classe A com resistência a compressão de $fbk \geq 6,0$ MPa, indicados para o uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo, já a classe B com resistência a compressão de $fbk \geq 4,0$ MPa, indicados para o uso em elementos de alvenaria externa acima do nível do solo, prontamente a classe C com resistência a compressão de $fbk \geq 3,0$ MPa, indicados para o uso em elementos de alvenaria interna acima do nível do solo e por fim, a classe D com resistência a compressão de $fbk \geq 2,0$ MPa, caracterizado como bloco de vedação, sem função estrutural, indicado para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Famílias blocos vazados de concreto

Estabelecido pela ABNT NBR 6136/2007 família de blocos de concreto é o conjunto de peças que podem ser conectadas/encaixadas entre si e com outros elementos construtivos. Uma família de blocos é composta por bloco inteiro, meio bloco, blocos de amarração T e L, blocos tipo canaleta e blocos compensadores A e B.

As dimensões dos blocos seguem os critérios da ABNT NBR 6136/2007, dentre eles temos várias famílias de blocos, família de 06, família 11,5. Família 09 e família 14, entre outros blocos especiais. As famílias mais usuais e comercializadas na região em questão dessa pesquisa são as famílias dos blocos 09 e 14, que tem as seguintes medidas (Figura 1).

Figura 1 – Blocos estruturais, Canaletas



Fonte: <https://glasser.com.br>

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho tem como objetivo comparar o sistema de alvenaria estrutural com blocos de concreto vazados com a alvenaria convencional de concreto armado em uma edificação de múltiplos pavimentos, sendo obtidos os resultados para comparação por pavimentos, assim obtendo os resultados do primeiro pavimentos é extraído para análises comparativa de ambos os sistemas e assim subsequente até o número de quatro pavimentos. O trabalho tem total

respaldo em conhecimento específico com foco teórico adquirido através de normas da ABNT, livros, teses, dissertações, os quais foram de muita relevância para se compreender os conceitos de concepção de estrutura tanto em concreto armado como de paredes estruturais. Além dos citados acima, para análise e aplicação dos conceitos foram utilizados os softwares AltoQi Eberick_2019, Qibiulder_2019 com integração do QiAlvenaria_2019 e Microsoft Excel 2010. Usado o QiAlvenaria para efetuar a modulação para exportação para eberick onde efetuou análises locais e globais das estruturas tanto para alvenaria estrutural quanto para o concreto armado, assim fornecendo os resultados de quantidade de materiais como concreto, aço, forma, blocos. Com isso o Excel organizou os dados em gráficos para melhor compreensão e comparativo dos resultados extraídos do estudo.

O processo de desenvolvimento deste trabalho consiste em 8 etapas onde serão comparados os pavimentos um a um até que atinja o resultado de quatro pavimentos podendo assim ter resultados mais específicos por quantidades de pavimentos. A primeira etapa foi definido o projeto arquitetônico com pavimentos tipos. A segunda etapa é designada elaboração do projeto de modulação para análises do sistema de alvenaria estrutural. Logo, a terceira etapa foi destinada a concepção dos elementos estruturais como locação de pilares, pontos de graute quando usado alvenaria estrutural e já nessa etapa foram definidos seus carregamentos de acordo com as NBR's. Na quarta etapa realizou-se as análises de dimensionamentos e as verificações da estrutura pelo software Eberick_2019, obtendo assim os valores do primeiro pavimento. As próximas etapas (quinta, sexta, sétima) será de maneira subsequente e iguais a quarta etapa, acrescentando mais um pavimento, extraídos dados. Por fim a oitava etapa ficou destinada a composição dos comparativos das quantidades de aço, concreto e formas.

Características do projeto em estudo

A planta arquitetônica de um prédio residencial unifamiliar (figura 2), utilizado para a elaboração dos projetos estrutural de concreto armado e alvenaria estrutural, contém quatro pavimentos, sendo quatro apartamentos por andares com área interna de 68,53m² de cada, totalizando uma área de 1260,29m², incluindo áreas de parede no total de 73,32m² e área comum entre os apartamentos de 90,49m² com altura do pé direito de 2,80m, todos os pavimentos e platibanda de 1,70m, total de 12,90m de altura. O nível e dimensões do terreno serão iguais para os dois estudos em questão.

Figura 2 – Planta arquitetônica – pavimento tipo.



Fonte: Andressa Romfim CAU A136289-5, 2019.

Concepções estruturais e ações

Partindo das diretrizes de projetos, preconizadas nas NBRs iremos utilizar em ambas as concepções de projeto a mesma característica de pressão admissível para o solo que será de 0.8 kgf/cm^2 com um tipo de solo arenoso, do mesmo modo que será utilizado o mesmo f_{ck} do concreto para fundação e conseqüentemente os mesmo f_{ck} para os pilares, vigas e graute, quando for alvenaria estrutural, como parâmetros para concepções das estruturas será utilizado as seguintes NBR's: NBR 8681/2013 - Ações e seguranças nas estruturas, NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, NBR 10837/1989 - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, NBR 159611/2011 Alvenaria estrutural - blocos de concreto, NBR 6136/2007 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos, NBR 6123/1988 – Forças devidos ao vento em edificações e NBR 6120/1980 – Cargas para calculo de edificações.

Assim estabelecem-se valores de cargas e ações provenientes do peso próprio ou de utilização e, até mesmo ações variáveis e acidentais de forma iguais a ambas as concepções estruturais.

Característica do sistema em alvenaria estrutural

O sistema constituirá em blocos de concreto vazados da família de 14, onde serão utilizados blocos com designação M15 e classe A – com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo com resistência maior ou igual a 6Mpa.

Os blocos utilizados serão o bloco 39 (LxAxC) (14x19x39), bloco 34 (14x19x34),

bloco 54 (14x19x54), meio bloco 19 (14x19x19) e por fim a canaleta U 39 (14x19x39). Os blocos B34 e B54 são os blocos especiais que serve para realizar as amarrações nos encontros de paredes em formato L (canto), T (paredes perpendiculares entre si) e Cruz (intercepção de paredes), os meios blocos serão utilizados para fechamento de modulação e as canaletas para as composições de vergas, contra vergas e as cintas de amarrações no respaldo.

Para a escolha da família de 14 foi levado em consideração o item 5.4.1.1.1- Paredes da NBR 10837 onde se estabelece que o índice máximo de esbeltez para paredes não armada é de 20. O índice de esbeltez se dá pela divisão da altura efetiva e espessura efetiva.

Característica do sistema em concreto armado

Na elaboração do projeto de concreto armado foi adotada a mesma concepção estrutural, independente do número de pavimentos. Devido aos esforços gerados houve variações nas dimensões de alguns elementos. Os posicionamentos dos pilares deu-se por meio de orientações bibliográficas. Como de regra foram locados os pilares a partir do pavimento térreo, onde foram respeitadas as dimensões mínimas e as restrições imposta pela arquitetura.

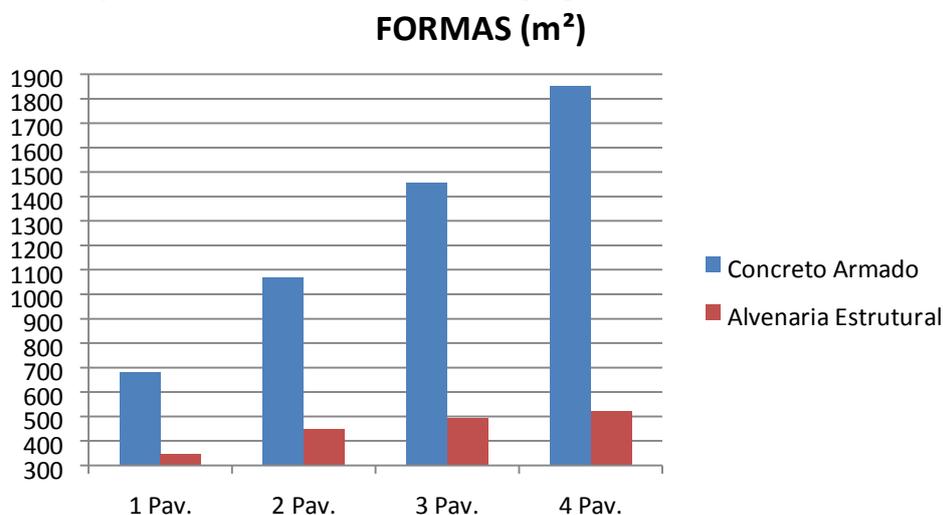
Serão estabelecidas as dimensões mínimas dos elementos estruturais de acordo com a NBR 6118/2014, Projeto estrutural de concreto, onde se estabelece a seções transversais das vigas que não pode apresentar largura menor que 12 cm e vigas de parede menor que 15 cm. Já em pilares a NBR prevê a seção transversal de pilares maciços, sua dimensão não pode ser menor que 19 cm, salvo que em casos especiais autoriza a consideração de dimensões entre 19 cm e 14 cm, assim não sendo tolerados pilares com seções menores que 360 cm², e para a vedação do sistema será usado tijolo cerâmico de 12 furos com (LxAxC) (14x19x29).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Consumos de madeiras para formas.

A figura 3 mostra em formato de gráfico de barras o consumo de madeira para forma em metros quadrados por pavimentos, originando-se de seus respectivos sistemas e elementos constituintes nas estruturas do concreto armado e alvenaria estrutural.

Figura 3 – Consumos de madeiras em m² por pavimentos.



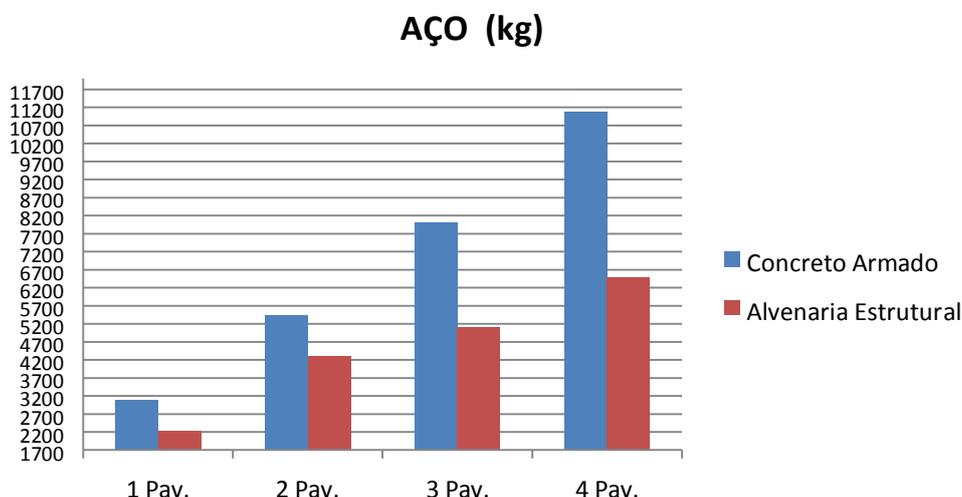
Fonte: O autor, 2019.

Da figura 3 percebe-se que o aumento do uso de madeiras para forma é expressivo no sistema de concreto armado e com o aumento dos números de pavimentos o consumo se torna maior ainda, isso se dá devido ter mais elementos estruturais que o sistema alvenaria estrutural que possui menos consumo de madeiras para formas mesmo com o aumento dos números de pavimentos, com a análise do gráfico exposto na figura pode-se afirmar que houve uma economia de 48,75% no primeiro pavimento, 57,8% no segundo, 66,25% no terceiro e por fim 72% no quarto pavimento.

4.2 Consumos de aço para elementos estruturais.

A figura 4 mostra em formato de gráfico de barras o consumo de aço para a composição dos elementos estruturais em quilograma por pavimentos dos seus respectivos sistemas e elementos constituintes nas estruturas do concreto armado e alvenaria estrutural.

Figura 4 – Consumos de aço em kg por pavimentos.



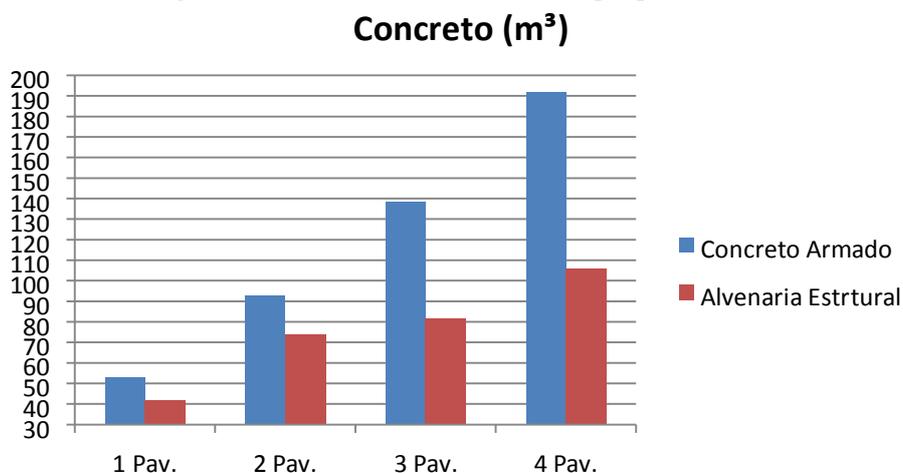
Fonte: O autor, 2019.

Observando a figura 4 podemos notar que o aumento do aço é crescente no sistema de concreto armado, e com o aumento dos números de pavimentos o consumo se torna maior ainda, isso se dá devido ter mais elementos estruturais que o sistema alvenaria estrutural que possui menos consumo sendo que o aço fica restrito para apenas as fundações e os encontros de paredes nas amarrações e em alguns pontos de graute necessário para as junções de paredes tornando o sistema mais econômico com percentual de 27,5% no primeiro pavimento, 20,77% no segundo pavimento, 36,18% no terceiro e por fim 41,5% no quarto pavimento.

4.3 Consumos de concreto para elementos estruturais.

A figura 5 expressa valores referente ao consumo de concreto por metro cúbico por pavimentos, logo, conseguimos analisar claramente o aumento contínuo de concreto no sistema de concreto armado e também no sistema de alvenaria estrutural, o consumo cresce com pouca variação em função da quantidade de pavimentos.

Figura 5 – Consumos de concreto em m³ por pavimentos.



Fonte: O autor, 2019.

Assim, com base nas informações exposta na figura 5 do gráfico acima, conclui-se que o consumo de concreto no primeiro pavimento de concreto armado é de 22% maior que o consumo de concreto em alvenaria estrutural. Logo, o sistema de alvenaria estrutural apresenta vantagem já no primeiro pavimento consequentemente com um consumo menor de concreto no segundo pavimento de 20%, terceiro de 41% e por fim no quarto pavimento apresenta um consumo menor de 44,5%.

4.4 Consumos de elementos e componentes para vedação da estrutura.

A tabela 2 relata o quantitativo de peça usado para execução de um pavimento alvenaria estrutural e de concreto armado, para extrair o quantitativo de peças para os demais pavimentos é apenas multiplicar pela quantidade de pavimentos, já no concreto armado foi usado uma medida de 25 tijolos por m², assim foi obtido os valores correspondentes, o custo das peças teve como base o preço do mercado local na cidade de Sinop/MT. Os custos por pavimentos são mostrado na figura 6.

Logo, na alvenaria estrutural apresentou maior diversidade de peças que no concreto armado, isso porque o projeto de modulação foi realizado juntamente com arquitetônico.

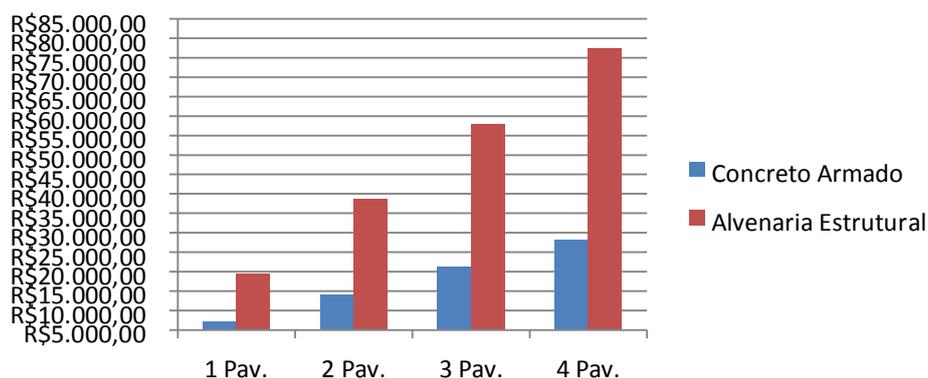
Tabela 2 – Quantitativo para realização de um pavimento.

Blocos de Concreto Vazados				
Nº	Descrição	Item	Quant.	Unid.
1,00	Família 14x39x19	Canaleta (14x39x19)	346,00	pç
2,00	Família 14x39x19	Canaleta J (14x39x19x11)	212,00	pç
3,00	Família 14x39x19	Compensador (14x39x11)	272,00	pç
4,00	Família 14x39x19	Contrafiamento "L" (14x34x19)	484,00	pç
5,00	Família 14x39x19	Contrafiamento "T" (14x54x19)	169,00	pç
6,00	Família 14x39x19	Inteiro (14x39x19)	4.802,00	pç
7,00	Família 14x39x19	Meio Canaleta (14x19x19)	55,00	pç
8,00	Família 14x39x19	Meio bloco (14x19x19)	293,00	pç
Tijolo Cerâmico				
1,00	Tijolo Cerâmico	11,5x19x19cm 8 Furos	6.439,00	pç

Fonte: O autor, 2019.

Figura 6 – Custo dos elementos e componentes para vedação da estrutura.

Custos dos elementos de vedação



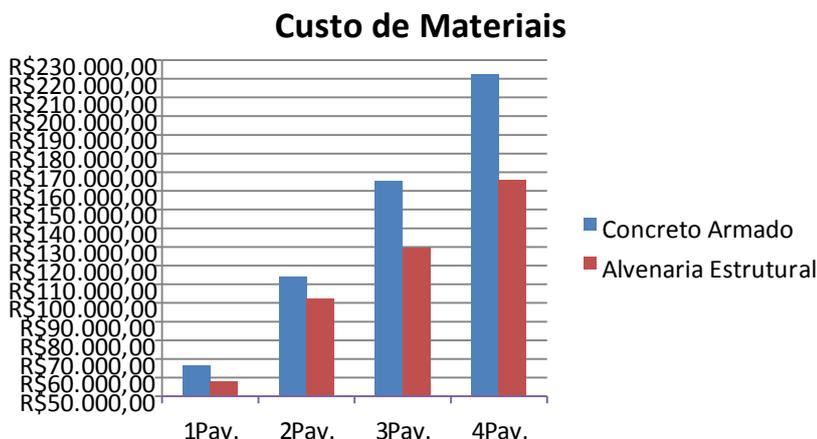
Fonte: O autor, 2019.

De acordo com a tabela 2 e a figura 6 pode-se afirmar que o custo e variação de peças para a vedação da estrutura é maior na alvenaria estrutural e isso faz com que a alvenaria em concreto armado fique mais econômica e com menos variância em peças para vedação, assim, com base nas informações obtidas através da figura 6 que representa o gráfico de custo por pavimentos temos que o custo de vedação em tijolo cerâmico no sistema de concreto armado é de 63% menor que a alvenaria estrutural, sendo relativo para todos os pavimentos o mesmo percentual uma vez que são pavimentos tipos.

4.5 Custos de consumos de materiais por pavimentos.

Realizando um levantamento de custos com base na tabela SINAPI 04/2019, contabilizando os consumos de concreto, aço e madeira para forma por pavimentos conseguiu-se elaborar um gráfico apresentando a relação dos custos comparando os dois sistemas construtivos, como mostra a figura 7.

Figura 7 – Custo de consumos de materiais por pavimentos.



Fonte: O autor, 2019.

Analisando a figura 7 conclui-se a princípio, que a alvenaria estrutural apresenta menores custos quando se compara isoladamente ou no contexto geral. No levantamento de custos foram consideradas madeiras para formas, concreto, aço e componentes de vedação na alvenaria estrutural, os blocos especiais e os materiais constituindo nos sistemas como aço para amarrações, concreto magro para o graute e argamassa para assentamento; já no concreto armado foram considerados os tijolos e a argamassa de assentamento, ambos considerados um centímetro de junta entre os elementos.

Na exposição dos valores é possível concluir a eficiência considerável econômica entre os pavimentos utilizando o sistema de alvenaria estrutural com blocos de concreto vazado, assim no primeiro pavimento temos economia de R\$ 8.818,56 equivalente a 13,27%, no segundo resultou em R\$ 11.706,55 igualando-se a 10,26%, terceiro pavimento apresentou R\$ 35.846,21 de economia em torno de 21,69% e por fim no quarto pavimento uma economia de consumo de materiais de R\$ 56.720,16 condizente a 25,51%.

CONCLUSÃO

Com base nos fatos apresentados a alvenaria estrutural de blocos de concreto vazados mostrou ter grandes vantagens econômicas na construção de edificações de múltiplos pavimentos, comportados os materiais como madeiras para formas, aço e concreto para composição dos elementos estruturais quando se compara diretamente com sistema convencional, no entanto, em relação a vedação o sistema não apresentou um bom desempenho em questão de economia, ficando entorno de 63% mais caro que alvenaria convencional, contudo, em vista dos argumentos já mencionado a alvenaria estrutural apresentou vantagens na concepção da estrutura e no consumo dos demais materiais como a madeira para forma, aço e concreto e apenas uma defasagem na vedação, mas em geral o sistema de alvenaria estrutural mostrou uma diferença considerável com o aumento do número de pavimentos desde a construção de um pavimento gerando uma economia de 13,27% e podendo chegar a 25,51% na construção de quatro pavimentos. Assim tornando o sistema altamente viável para comercialização na construção de um ou múltiplos pavimentos; apresentando vários benefícios como redução nos custos final da obra, redução nos desperdício de materiais, equipe reduzida, consequentemente

menor custo com mão de obra, processo de execução de obra mais enxuto a fim de aproveitar toda a parte de modulação dos projetos o que facilita a execução e diminui os impactos ambientais.

Sugestão para trabalhos futuros: avaliar a eficiência de desempenho dos blocos de concreto vazado de acordo com sua função termo acústica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (ABCI).

Manual técnico de alvenaria. São Paulo: ABCI, 1990.

CAMACHO, J. S. 1986. **Alvenaria estrutural não-armada – Parâmetros básicos a serem considerados no projeto dos elementos resistentes.** Dissertação de mestrado. UFRGS, agosto, 1986.

Nova Normalização Brasileira para a Alvenaria Estrutural/organização Emil Sánchez. – 1º ed. – Rio de Janeiro: Interciência, 2013. 420p

NBR 10837 – Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto

NBR 8798 – Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto

NBR 15961-1/18.07.2011 – Alvenaria Estrutural - Blocos de Concreto – Projeto

NBR 15812-2 – Alvenaria Estrutural– Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

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

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

FALCONE LEONARDO Engenheiro Civil – Artigo: Instalações hidráulicas em alvenaria estrutural. (2016)

MACHADO, S. L. **Sistemática de concepção e desenvolvimento de projetos arquitetônicos para alvenaria estrutural.** Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo: Editora Pini, 2003. 174 p.

SILVA, Leandro Bernardo. **Patologias em Alvenaria Estrutural**: Causas e Diagnóstico. 2013. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juíz de Fora, 2013. Cap. 6.