

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CAMPUS SERTÃO

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

IGOR SILVA OLIVEIRA

**COMPARATIVO DE CUSTOS DE UMA EDIFICAÇÃO DE PEQUENO PORTE EM
ALVENARIA ESTRUTURAL E EM CONCRETO ARMADO NA CIDADE DE PAULO
AFONSO-BA**

Delmiro Gouveia - AL

2019

IGOR SILVA OLIVEIRA

**COMPARATIVO DE CUSTOS DE UMA EDIFICAÇÃO DE PEQUENO PORTE EM
ALVENARIA ESTRUTURAL E EM CONCRETO ARMADO NA CIDADE DE PAULO
AFONSO-BA**

Trabalho de Conclusão
apresentando ao Curso de Engenharia
Civil da Universidade Federal de Alagoas
– UFAL, Campus do Sertão, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M.sc. Vinicius Costa
Correia

Delmiro Gouveia - AL

2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

O48c Oliveira, Igor Silva

Comparativo de custos de uma edificação de pequeno porte em alvenaria estrutural e em concreto armado na cidade de Paulo Afonso – BA / Igor Silva Oliveira. - 2019.
59 f. : il.

Orientação: Prof. Me. Vinicius Costa Correia.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas.
Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2019.

1. Edificações. 2. Comparativo de custos. 3. Concreto armado. 4. Alvenaria estrutural. 5. Bloco de concreto. 6. Método construtivo. I. Correia, Vinicius Costa. II. Universidade Federal de Alagoas. III. Título.

CDU: 624.012.45

Folha de Aprovação

IGOR SILVA OLIVEIRA

**COMPARATIVO DE CUSTOS DE UMA EDIFICAÇÃO DE PEQUENO
PORTE EM ALVENARIA ESTRUTURAL E EM CONCRETO ARMADO NA
CIDADE DE PAULO AFONSO-BA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
corpo docente do Curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Alagoas – Campus do
Sertão e aprovado em 19 de dezembro de 2019.

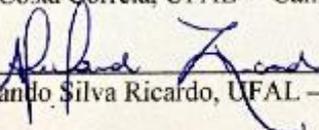


Prof. Msc. Vinicius Costa Correia, UFAL – Campus do Sertão (Orientador)

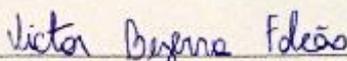
Banca Examinadora:



Prof. Msc. Vinicius Costa Correia, UFAL – Campus do Sertão (Orientador)



Prof. Msc. Alverlândia Silva Ricardo, UFAL – Campus do Sertão (Avaliador)



Prof. Msc. Victor Bezerra Falcão, UFAL – Campus do Sertão (Avaliador)

DEDICATÓRIA

À Deus

A minha família

A todos os meus amigos

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado inteligência, saúde e auto controle para conseguir trilhar um caminho longo para chegar até o sonho de ser engenheiro civil.

A toda minha família que sempre me incentivou em todos os momentos difíceis, e que sempre me deu suporte para qualquer dificuldade que enfrentei nessa jornada.

A minha companheira Marilia que esteve presente na minha vida desde o início da minha vida acadêmica sempre servindo de suporte e me dando amor, atenção e sempre me incentivando a me tornar cada vez melhor.

A minha amiga Laiane que até a metade do curso foi minha irmã e companheira de todas as horas.

A todos os meus companheiros da equipe fênix os quais me deram oportunidade de criar fortes laços de amizade, Iago, Ricardo, Gutierrez, Felipe, Ulisses e Robson.

Aos meus amigos Vinícius, Dener, Helder, Lucas, Yuri e Bebel, da minha cidade, e que me acompanhavam diariamente nas viagens no ônibus.

Aos companheiros que por motivos de força maior tiveram que ir para outras atividades, Eric, Adílio e João.

Ao meu orientador, professor Vinícius por toda a dedicação e paciência nesse trabalho e por servir de inspiração como engenheiro.

A todos os professores que tive na vida, desde a infância até a graduação.

A todos que torceram por mim e que de alguma forma contribuíram na minha formação.

RESUMO

Atualmente com um mercado cada vez mais competitivo, a busca por métodos de baratear os processos construtivos se torna cada vez mais importante para todas as empresas, construtoras e escritórios relacionados à engenharia. Nesse cenário se faz necessário, portanto, estudos que abordem de forma precisa e técnica novos processos construtivos que realmente tenham mais vantagens econômicas se comparado aos métodos construtivos tradicionais, de forma racional e sustentável. O presente trabalho realiza um comparativo de custos de uma mesma edificação na cidade de Paulo Afonso, Bahia, nos métodos construtivos de concreto armado convencional e de alvenaria estrutural de blocos de concreto. Inicialmente foram abordados conteúdos teóricos referentes à alvenaria estrutural, com conceitos e definições técnicas acerca desse método construtivo. Foi utilizado o projeto estrutural executado pela empresa utilizada no estudo de caso e foi realizado o dimensionamento da edificação em alvenaria estrutural. O estudo comparativo foi feito inicialmente separando os processos comuns aos dois métodos construtivos. O levantamento do quantitativo dos itens foi feito se baseando em índices estabelecidos para os dois métodos construtivos, considerando a natureza de cada um. A partir das comparações realizadas foi constatado que para os subsistemas de estrutura e de vedação, no processo construtivo de alvenaria estrutural ocorre uma economia de 28,5% em relação ao concreto armado, e em relação ao custo total da obra tem-se uma economia final de aproximadamente 7%. Conclui-se por meio deste estudo que para a edificação analisada a alvenaria estrutural apresenta vantagens econômicas em relação ao concreto armado.

Palavras-chave: alvenaria estrutural, concreto armado, comparativo de custo, método construtivo.

ABSTRACT

In today's increasingly competitive marketplace, the search for methods of making construction processes less costly is becoming increasingly important for all engineering-related companies, contractors and offices. In this scenario, therefore, studies are needed that precisely and technically address new construction processes that actually have more economic advantages compared to traditional construction methods, rationally and sustainably. The present work compares the costs of the same building in the city of Paulo Afonso, Bahia, in the construction methods of conventional reinforced concrete and structural masonry of concrete blocks. Initially, theoretical contents related to structural masonry were approached, with concepts and technical definitions about this constructive method. The structural design performed by the company used in the case study was used and the design of the building in structural masonry was performed. The comparative study was initially made separating the processes common to the two constructive methods. The quantitative survey of the items was made based on indices established for the two constructive methods, considering the nature of each one. From the comparisons made it was found that for the structure and fence subsystems, in the construction process of structural masonry there is a savings of 28,5% compared to reinforced concrete, and in relation to the total cost of the work has a savings approximately 7%. It is concluded from this study that for the analyzed building the structural masonry has economic advantages over reinforced concrete.

Keywords: structural masonry, reinforced concrete, cost comparative, construction method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de modulação.....	20
Figura 2 - Planta de fiadas 1 e 2 e planta de elevação de uma parede	20
Figura 3– (A) Ação do vento em estruturas laminares; (B) Ação na parede transversal (cisalhamento).	25
Figura 4 - Encontro e cantos grampeados	26
Figura 5 - Modelo de ensaio de um prisma de dois blocos.	31
Figura 6 – Comparativo gráfico dos custos	42
Figura 7 – Comparativo entre os índices do subsistema de estrutura.....	44
Figura 8 – Comparativo entre os índices do subsistema de vedação	45
Figura 9 – Participação de cada subsistema no custo total	46
Figura 10 – Comparativo com o CUB.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos para resistência característica à compressão.....	14
Tabela 2 - Principais pesos específicos para alvenaria.....	23
Tabela 3- Valores de γ_m	30
Tabela 4 – Relação de análise dos índices de consumo	37
Tabela 5 – Consumo dos índices dos subsistemas da estrutura	39
Tabela 6 – Consumo do subsistema de vedação da estrutura	39
Tabela 7 – Resumo dos custos unitários utilizados na análise	40
Tabela 8 – Índices de custos totais	41
Tabela 9 – Comparativo de custos.....	42
Tabela 10 – Comparativo dos índices de forma	43
Tabela 11 – Comparativo dos índices de concreto	43
Tabela 12 – Comparativo dos índices de aço da estrutura	43
Tabela 13 – Comparativo dos índices do subsistema de vedação.....	44
Tabela 14 - Comparativo na composição do custo total de cada método construtivo	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. JUSTIFICATIVA.....	11
1.2. OBJETIVOS.....	11
1.2.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	11
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. COMPONENTES DA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	13
2.2. DEFINIÇÕES.....	17
2.3. PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....	21
2.4. DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS	28
2.5. CUSTOS.....	31
3. METODOLOGIA DO TRABALHO	33
3.1. OBJETO DE ESTUDO DE CASO	33
3.3. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	34
3.4. ÍNDICES ADOTADOS	35
3.5. RELAÇÃO DOS ÍNDICES	37
3.6. CÁLCULO DOS CUSTOS	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1. CÁLCULO DOS CONSUMOS DOS ÍNDICES.....	37
4.2. CÁLCULO DOS CUSTOS	40
4.3. ANÁLISE COMPARATIVA.....	43
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
APÊNDICES	53
APÊNDICE A	53
APÊNDICE B.....	54

APÊNDICE C	55
APÊNDICE D	56
ANEXOS	57
ANEXO A	57
ANEXO B	58

1. INTRODUÇÃO

Segundo um levantamento de 2017 feito pela Abrainc (Associação Brasileira de Incorporadoras imobiliárias), no Brasil existe um déficit de 7,78 milhões de unidades habitacionais, valor que se assume como um recorde da serie histórica.

Diversos são os motivos para a ocorrência desse alto déficit, o custo elevado da construção de uma moradia compõe parte desse problema, além disso, o Brasil viveu uma forte crise recentemente, que afetou diretamente a construção do país.

O Brasil vem se recuperando de uma grave crise econômica e política que segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (Cbic), fez com que a indústria de construção civil tivesse um enorme período de quedas desde 2014, quando foi observada a primeira redução, de 2,1%. Essa queda permaneceu acontecendo em 2015 (-9,0%), 2016 (-5,6%) e 2017 (-5,0%)

Os investimentos por parte do governo também sofreram grandes cortes passando de cerca de 20,9% do PIB em 2013, para 15,63% em 2017 (FGV-Ibres, 2019), sendo o menor valor de taxa de investimentos em mais de 50 anos.

Fica claro que diante de tantos desafios a construção civil precisa adaptar-se a essa nova realidade, desenvolvendo novos meios para garantir que se possibilite cortes de custos, seja com mão de obra ou insumos, também é de suma importância que a indústria de construção evite desperdícios.

Mesmo diante de todas essas adversidades, estima-se que a indústria de construção civil é responsável por cerca de 13 milhões de empregos diretos e indiretos, além de representar 6,2% do PIB do Brasil, segundo dados da Federação das Indústrias do Distrito Federal (FIBRA, 2017).

1.1. JUSTIFICATIVA

Segundo dados do IBGE (2019), a população de Paulo Afonso cresceu 26% nos últimos anos, o que transformou muito a realidade da cidade, e com esse crescimento elevado a demanda habitacional também cresceu, entretanto poucas unidades habitacionais foram construídas, o que conseqüentemente aumentou ainda mais o déficit habitacional.

É nesse cenário que começa a surgir na cidade novas empresas de engenharia, construtoras e escritórios. Com o aumento da concorrência se faz necessário o aumento da produtividade por partes das empresas para que elas consigam sobressair na cidade.

Em contato com alguns profissionais da área e com donos de construtoras surgiu a necessidade de realizar um estudo sobre a viabilidade do uso de sistemas construtivos diferentes do concreto armado.

Assim, foi aproveitado que uma edificação comercial estava sendo construída no centro da cidade no método construtivo tradicional de concreto armado. Essa edificação foi escolhida para ser o objeto de estudo desse trabalho.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desse trabalho é fazer um comparativo de custos relacionados à estrutura de uma mesma edificação de pequeno porte, construída em dois diferentes métodos construtivos, alvenaria estrutural e em concreto armado na cidade de Paulo Afonso. Além de dispor de informações técnicas em relação ao conteúdo referente à alvenaria estrutural.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Esse presente trabalho tem como objetivos específicos:

- Colocar em prática as recomendações da ABNT NBR 15961-1: 2011 – Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto – Parte 1: Projetos, através do dimensionamento da edificação;

- Partir do projeto arquitetônico do empreendimento já em execução em concreto armado, e elaborar o projeto estrutural em alvenaria estrutural utilizando um software de cálculo estrutural.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em quatro capítulos, sendo complementado pelos apêndices e anexos.

O presente capítulo 1 representa a introdução, onde são expostos alguns dados sobre a situação da indústria da construção civil, além de mostrar a justificativa e motivação da pesquisa.

No capítulo 2, as principais bases teóricas relacionados a alvenaria estrutural são apresentadas.

Tudo o que diz respeito à metodologia utilizado no presente trabalho é mostrado no capítulo 3, com a apresentação dos índices utilizados na comparação dos subsistemas.

Os resultados são mostrados no capítulo 4, com análises e comparativos.

A conclusão está disposta no capítulo 5, com alguns comentários referente a pesquisa.

Por fim, algumas pranchas dos projetos utilizados nesse estudo estão dispostos nos apêndices e nos anexos.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Aqui serão apresentados conceitos e fundamentos importantes para a compreensão do dimensionamento da estrutura em alvenaria, também serão discutidos parâmetros de projetos que impactam diretamente no dimensionamento e na racionalização da obra.

Nesse trabalho não serão abordados conceitos e fundamentos relativos ao dimensionamento da estrutura em concreto armado, tendo em vista que os conteúdos relacionados já são bastante difundidos e são de conhecimento geral dos técnicos da engenharia.

2.1. COMPONENTES DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Nesse item serão dispostas as características dos itens principais da alvenaria estrutural, todos os conceitos estão apresentados na NBR 15961-1 - Alvenaria Estrutural - Blocos de concreto.

2.1.1. UNIDADES DE ALVENARIA

Entende-se como uma unidade de alvenaria a forma mais simples das peças que compõem os elementos da estrutura, e são as principais responsáveis pelas características resistivas do todo. Quando as unidades são unidades maciças elas são conhecidas como tijolos e quando são vazadas elas são denominadas de tijolos. É muito importante o conhecimento do tipo de unidade que será usada, pois dessa informação advém dois tipos de tensões, a tensão referente à área bruta e a tensão referente à área líquida,

No Brasil é mais comum realizar os cálculos tendo como referência a área bruta, e como em média, a área de vazio é da ordem de 50%, então se obtém a tensão referente à área líquida multiplicando o valor da tensão correspondente à área bruta por dois (RAMALHO, 2003).

Em relação aos materiais, as unidades podem ser de três tipos, concreto, cerâmica e silico-calcárias, sendo o concreto o material mais utilizado no Brasil. As dimensões mais usuais dos blocos de concreto são de 29 ou 39 cm de comprimento,

por 19 cm de altura, a espessura possui uma variação maior dependendo do porte e cargas a serem suportadas, ela pode ter 19 cm, 14 cm, 11 ou 9,5 cm, essas duas ultimas em casos de edificações com até 2 pavimentos. (SOUZA, 2009)

Referente a tipo de uso das unidades, a NBR 15961-1 (2011) difere as paredes em duas categorias, parede não estrutural, como aquela que não admitida como participante da estrutura, e as paredes estruturais, como sendo responsáveis pelo suporte das cargas verticais da estrutura, as unidades de cerâmica são mais utilizadas na primeira categoria, para a alvenaria estrutural as normas brasileiras apenas consideram as unidades de concreto.

A alvenaria estrutural pode ser armada ou não armada, a NBR 15961-1 (2011) define como alvenaria estrutural armada aquelas unidades vazadas de concreto que são preenchidas com uma armadura passiva que por sua vez é envolta com graute, e em relação à alvenaria estrutural não armada a norma define como sendo as unidades vazadas de concreto que recebem armadura apenas como ligação construtiva e amarração entre os elementos, com essa armadura não recebendo esforços solicitantes.

A NBR 6136 (ABNT, 2016) indica parâmetros para as resistências à compressão axial dos blocos estruturais de concreto, ela especifica as resistências mínimas na tabela 1.

Tabela 1 - Requisitos para resistência característica à compressão

Classificação	Classe	Resistencia característica a compressão axial
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8 \text{ MPa}$
Com ou sem função estrutural	B	$4 \text{ Mpa} \leq f_{bk} \leq 8 \text{ MPa}$
	C	$f_{bk} \geq 3 \text{ MPa}$

Fonte: NBR 6136 (2016)

Permite-se o uso de blocos de classe C nas seguintes situações:

- Com 90 mm de espessura, permite-se o uso em edificações de no máximo um pavimento;
- Com 115 mm de espessura, permite-se o uso em edificações de no máximo dois pavimentos;

- Entre 140 e 190 mm de espessura, permite-se o uso em edificações de até cinco pavimentos.

2.1.2. GRAUTE

Segundo Ramalho (2003) graute é um concreto com agregados de pequena dimensão e relativamente fluido, eventualmente necessário para o preenchimento dos vazios dos blocos.

O graute tem como principal função aumentar a resistência das unidades de concreto além de garantir que as armaduras sejam solicitadas para resistir às tensões de tração, as quais não seriam resistidas pelos blocos.

O graute e o bloco precisam formar uma mistura homogênea, para maximizar o aumento da resistência e a absorção das tensões de tração através da armadura. A fluidez também é outra característica fundamental do graute, pois a trabalhabilidade é algo fundamental para garantir que o bloco e o graute possam ser considerados como uma única unidade. (CUNHA, 2001).

O aumento da resistência dos blocos de concreto grauteado foi observado por Logullo (2006), quando realizou diversos ensaios de compressão com blocos grauteados e não grauteados, desde que o graute apresente resistência semelhante à resistência do bloco.

Segundo a NBR 15961-1 a resistência à compressão característica deve ser especificada com valor mínimo de 15 MPa.

2.1.3. ARMADURAS

As armaduras utilizadas nos blocos de alvenaria estrutural são as mesmas utilizadas no concreto armado, geralmente com bitolas menores. Deve-se garantir que as armaduras estejam envolvidas pelo graute para que haja um trabalho conjunto entre ambos (RAMALHO, 2003).

As armaduras construtivas têm como função absorver esforços não previstos, como esforços de tração, de recalque, ou concentração de tensão que possa vim a ocorrer (REBOREDO, 2013).

2.1.4. ARGAMASSA

As argamassas tem a função de transmitir as tensões verticais para os elementos, se solidarizando e unindo os elementos. Normalmente são compostas de cimento, cal, areia e água (LOGULLO, 2006).

Com relação à resistência à compressão a NBR 15961 – 1 especifica que a argamassa deve atender o valor máximo limitado a 70% da resistência característica específica para o bloco, referente à área líquida.

2.1.5. ESFORÇOS SOLICITANTES

O principal esforço solicitado pelas paredes de alvenaria estrutural é o esforço de compressão, devido ao peso próprio dos blocos e da carga proveniente da laje.

Outro esforço que deve ser considerado em edifícios são os esforços horizontais devido aos ventos, que são perpendiculares as paredes externas, ocasionando nessas paredes o esforço à flexão. Esses esforços são transmitidos para as paredes internas através da laje na forma de esforços de cisalhamento, que por sua vez repassam esses esforços aos andares inferiores até chegar à fundação.

Ou seja, em um edifício que seja considerado as cargas provenientes do vento, os elementos devem ser dimensionados para a compressão, flexão e cisalhamento (JUNIOR, 2014).

2.1.6. ALVENARIA

Segundo Parsekian (2010), a alvenaria pode ser definida como um componente único, unido por unidades de blocos que por sua vez trabalham de forma uniforme com ajuda de juntas de argamassa. Além das funções inerentes de vedação, proteção acústica, proteção ao fogo e proteção acústica, uma alvenaria pode desempenhar função de transmitir ao solo os todos os esforços que podem acontecer durante a vida útil de uma edificação.

2.1.6.1. PROPRIEDADES ELASTICAS

A NBR 15961-1 (2011) define que o modulo de deformação elástica de uma parede de alvenaria (E_m) pode ser considerado igual a $800f_{pk}$, onde f_{pk} é a resistência do prisma, com um valor máximo de 16 GPa.

Também é recomendado pela norma que na verificação do ELS o modulo de elasticidade seja decrescido em 40%, para considerar os efeitos de fissuração na alvenaria.

2.1.6.2. RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

De acordo com Parsekian (2012), a resistência à compressão da alvenaria é diretamente proporcional à resistência das unidades componentes da parede, e depende diretamente da seção transversal, da esbeltez (relação altura/espessura), e de eventuais excentricidades que possam vir a ocorrer.

A determinação da resistência da alvenaria pode ser determinada através de ensaios, um tipo de ensaio é realizado com um copia em tamanho real da parede, esse é considerado o mais próximo da realidade, porém existem deformidades nas unidades que podem gerar problemas na parede como um todo.

Outro método de verificação da resistência à compressão da alvenaria é método dos prismas. Prismas é a sobreposição de dois blocos unidos pela argamassa, sendo a resistência do prisma menor que a resistência do bloco, e maior que a resistência da parede. Então, o ensaio do prisma serve como um bom índice para quantificar a resistência à compressão da alvenaria.

As normatizações brasileiras não mencionam uma relação entre a resistência do prisma e a resistência do bloco. A caracterização das resistências do graute, da argamassa e dos prismas é uma premissa básica de projeto e deve ser realizada a cada inicio de obra pelo construtor, e do fabricante dos blocos a cada seis meses (REBOREDO, 2013).

2.2. DEFINIÇÕES

Nessa seção são apresentadas as definições de alguns elementos importantes para o entendimento desse trabalho, de acordo com ABNT NBR 15812

(2010) e NBR 15961 (2011) têm-se as seguintes definições sobre a alvenaria estrutural:

- Viga: elemento linear que resiste predominantemente à flexão e cujo vão seja maior ou igual a três vezes a altura da seção transversal.
- Verga: elemento estrutural colocado sobre abertura de porta e janela que tenha a função exclusiva de transmissão de cargas verticais para as paredes adjacentes à abertura.
- Contraverga: elemento estrutural colocado sob o vão de abertura com a função de redução de fissuração nos seus cantos.
- Cinta: elemento estrutural apoiado continuamente na parede, ligado ou não às lajes, vergas ou contravergas.
- Enrijecedor: elemento vinculado a uma parede estrutural com a finalidade de produzir um enrijecimento na direção perpendicular ao seu plano.
- Diafragma: Elemento estrutural laminar admitido como rígido em seu próprio plano, sendo usualmente a laje de concreto armado que distribui as ações horizontais para as paredes.

2.2.1. MODULAÇÃO

Segundo Ramalho (2008), módulo pode ser entendido como as medidas das unidades que vão ser utilizadas na construção, vale ressaltar que os blocos de alvenaria estrutural não podem ser quebrados, e qualquer adaptação deve ser preenchida com graute, ocasionando um aumento de custos e diminuindo a racionalização do método.

O módulo horizontal das unidades pode ser entendido como o comprimento longitudinal do bloco mais a junta de argamassa a ser colocada entre as unidades para o assentamento, de acordo com Ramalho (2008) é muito importante que o módulo longitudinal do bloco e sua espessura seja múltiplos ou iguais, de maneira com que se possa ter uma padronização de módulos em planta, o que por sua vez além de aperfeiçoar as etapas de construção, acarretará em uma facilidade de amarração das unidades. E por último, o módulo vertical é composto apenas pela altura do bloco.

2.2.2. IMPORTÂNCIA DA MODULAÇÃO

Ramalho (2008) atenta muito bem para a importância da modulação nos projetos de alvenaria estrutural, pois como os blocos não podem ser cortados, os espaços que futuramente serão preenchidos com graute acarretarão não só um aumento no custo da obra, mas também trará um efeito negativo no próprio sistema estrutural que foi dimensionado a edificação.

Roman (2014) enfatiza a importância da modulação desde a fase arquitetônica, pois se bem seguida pode gerar um aumento de produtividade de até 10%, evitando cortes e atrasos, além disso, os projetos complementares devem ser compatibilizados para que se possa otimizar ainda mais a obra.

Portanto, é de fundamental importância que o projeto em alvenaria estrutural seja totalmente modulado, horizontal e verticalmente, para garantir o melhor desempenho desse método construtivo.

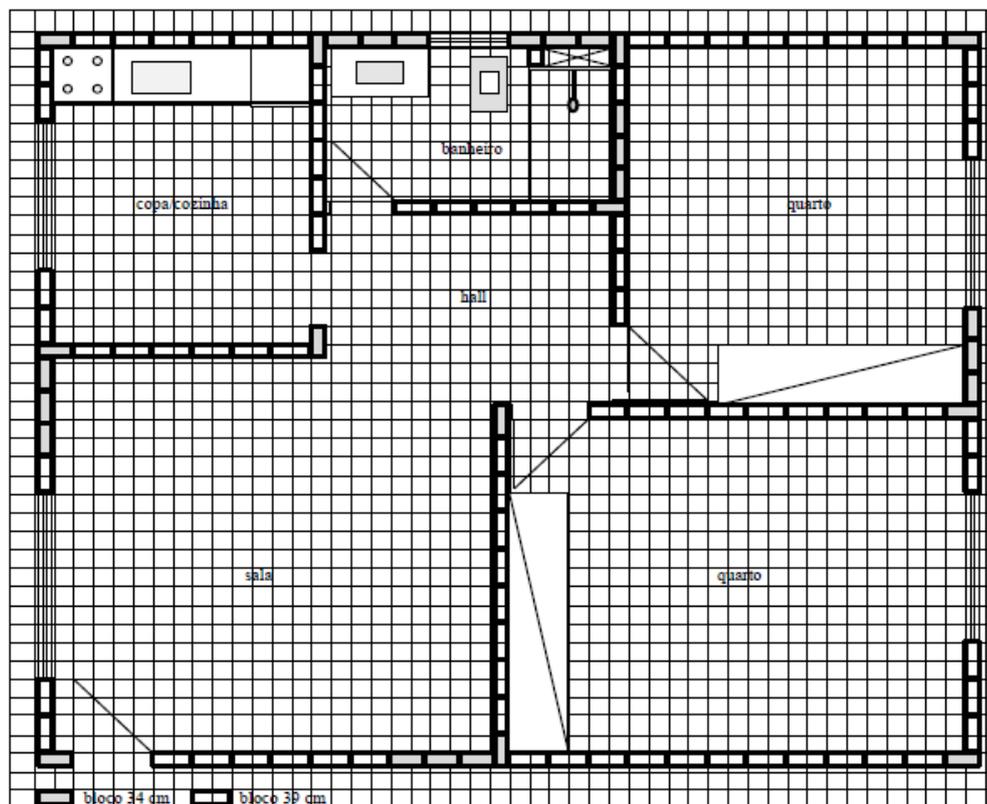
2.2.3. MODULAÇÃO HORIZONTAL

Para realizar uma melhor modulação horizontal é preciso dominar o conceito de dimensões reais, que corresponde ao comprimento longitudinal real do bloco mais a junta de argamassa, que normalmente é de 1 cm.

Então, um bloco com dimensões usuais (15, 20, 25, 30 cm) terão como comprimento real, a sua dimensão diminuídas de 1 cm, (14, 19, 24, 29 cm). Logo, as dimensões da edificação serão definidas pelo número de módulos e de juntas de argamassas que vão compor. Outro fato importante são os cantos, que podem conter unidades em paralelo ou perpendicular dependendo da necessidade.

Na figura 1 tem-se um exemplo de modulação básica realizada em uma planta baixa de uma residência unifamiliar.

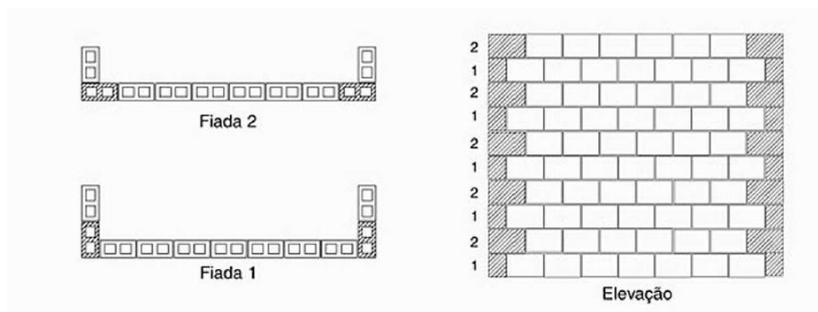
Figura 1 - Exemplo de modulação



Fonte: ROMAN (2014)

A modulação é um fator que mostra sua importância quando a norma ABNT NBR 15961-1 (2011) declara no seu item 5.3.1 que o projetista deve realizar os desenhos das fiadas, além das elevações de todas as paredes portantes (modulação vertical), aquelas que têm função estrutural. Ainda nesse item a norma especifica que o projetista deve informar o posicionamento de blocos especiais, detalhes de amarração das paredes e localização dos pontos grauteados e armaduras, um exemplo das modulações necessárias está mostrado na figura 2.

Figura 2 - Planta de fiadas 1 e 2 e planta de elevação de uma parede



Fonte: RAMALHO (2003)

2.2.4. MODULAÇÃO VERTICAL

No que diz respeito à modulação vertical, Ramalho (2003) explicita que essa modulação é bem mais simples, pois trata apenas de ajustar o pé direito a altura do bloco mais a junta de argamassa, como os blocos convencionais possuem altura de 19 cm, a modulação total vertical é da ordem de 20 cm, então pode-se facilmente realizar a obra com pés direitos múltiplos de 20, que possivelmente não ocorrerá problemas de modulação.

2.3. PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Para iniciar os conceitos de dos projetos em alvenaria estrutural, é preciso conhecer bem o que significa o termo projeto, e uma boa definição é dada pelo PMBOK (2017) quando define projeto como, “Um projeto é um empreendimento temporário com o objetivo de criar um produto ou serviço único. ”

Partindo dessa definição, Tauil (2010) faz uma adaptação do significado de projeto para a alvenaria estrutural.

Projeto é um esforço temporário empreendido a partir da coleta de informações provenientes do cliente, que serão interpretadas, analisadas, discutidas, conceituadas e enquadradas legais e tecnicamente por uma equipe de profissionais, por uma equipe técnica, gerando um resultado exclusivo para a criação de uma edificação em alvenaria estrutural.

Uma boa obra em alvenaria estrutural possui todos os seus projetos bem elaborados e compatibilizados, pois devido as suas peculiaridades é preciso que todos os profissionais envolvidos pensem de maneira uniforme e coerente.

Partindo do projeto arquitetônico, o projetista devem pensar no formato do prédio, nas dimensões das paredes e na disposição das mesmas, de forma a otimizar a modulação, fazendo as dimensões das paredes com múltiplos dos modulo a ser utilizado.

Os projetos complementares, como o projeto elétrico e hidrossanitário, também devem estar compatibilizado com os projetos de arquitetura e estrutural, uma vez que a alvenaria não poderá ser quebrada para passagem de eletrodutos e

de tubulações, se fazendo necessária a utilização de blocos especiais. Logo, é de suma importância a previsibilidade dessas passagens, fortalecendo ainda mais o argumento de que todos os profissionais envolvidos nas etapas de projetos devem estar bem alinhados para tornar o empreendimento mais racional possível.

2.3.1. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

Segundo Ramalho (2003), a concepção estrutural consiste em determinar quais paredes terão função estrutural, tecnicamente chamada de paredes portantes, e quais terão função apenas de vedação.

A escolha das paredes portantes, passa inicialmente pela modulação inicial realizada pelo arquiteto e das necessidades de utilização da edificação. Após isso, é de escolha do projetista os locais onde serão feitos os grauteamentos bem como a confirmação das paredes que suportarão as cargas verticais vindas da laje (TAUIL, 2010).

Roman (1999) destaca que o projetista deve procurar pelo equilíbrio e simetria na distribuição das paredes portantes, pois um desequilíbrio na disposição das paredes portantes acarretará em uma concentração de tensões em determinada região, levando a um carregamento extra de algumas paredes, levando à necessidade de uso de materiais mais resistentes.

2.3.2. CARREGAMENTOS

Nessa seção são discutidos os principais carregamentos que devem ser considerados no dimensionamento de uma edificação em alvenaria estrutural.

A norma ABNT NBR 6120 (1980) define dois tipos de cargas:

- Cargas permanentes: É constituído peso próprio dos elementos, além de equipamentos fixos que farão parte da edificação.
- Cargas acidentais: São cargas variáveis que dependerão do uso da estrutura.

2.3.2.1. CARGAS VERTICAIS

As cargas verticais são passadas para as paredes estruturais através das lajes, é preciso saber em qual direção à laje está sendo armada e quais paredes

estão apoiando a mesma, nas lajes pré-moldadas apenas os apoios perpendiculares recebem as cargas verticais.

Ramalho (2003) expõe as principais cargas verticais que devem ser consideradas no dimensionamento, são elas:

- Peso próprio
- Contra piso
- Piso
- Paredes não estruturais

Para considerar o peso próprio das paredes (p) basta calculá-lo pela equação 1.

$$p = \gamma \cdot e \cdot h \quad (1)$$

Sendo:

e : Espessura da parede (bloco + revestimento)

h : Altura da parede

γ : Peso específico do bloco

Em relação ao peso específico do bloco, a norma NBR 15961-1 (2011) no seu item 8.3.1.1 diz que na falta de uma precisa avaliação do bloco utilizado, pode-se utilizar o valor de 14 KN/m³. Ramalho (2003) também mostra valores característicos de blocos usuais, como se pode se ver na tabela 2.

Tabela 2 - Principais pesos específicos para alvenaria

Tipo de alvenaria	Peso específico (KN/m³)
Bloco vazado de concreto	14
Bloco vazado de concreto preenchido com graute	24
Blocos cerâmicos	12

Fonte: RAMALHO (2003)

Os valores mínimos para as cargas verticais variáveis podem ser encontrados na norma ABNT NBR 6120 (1980).

2.3.2.1.1. DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS VERTICAIS

Para realizar a distribuição das cargas verticais, neste trabalho são apresentados os conceitos das paredes isoladas e dos grupos isolados de paredes, que são os mais simples e os mais utilizados. Souza (2009) cita que as normas brasileiras não tratam desses métodos com detalhes.

- Paredes Isoladas

Segundo Ramalho (2003), nesse método de distribuição se considera as paredes como elementos independentes, sem interação entre elas, e a carga aplicada em cada uma vai diretamente para sua base.

As paredes são divididas entre as portas, janelas e nas mudanças de direção. Ramalho (2003) também diz que esse método é indicado para edificações pequenas, pois isso garantirá maior segurança, sendo muito rápido e fácil de ser aplicado. Porém ao se considerar paredes isoladas, o dimensionamento resultará em blocos que geralmente terão resistência elevada, o que vai encarecer o projeto.

- Grupos isolados de paredes

Aqui é considerado que as paredes trabalham em grupos, e as cargas são divididas uniformemente em cada grupo. A divisão dos grupos se dá pela separação entre portas e janelas, ou seja, cada abertura na alvenaria delimitará um grupo (RAMALHO, 2003).

Hendry (1981) realizou medições de deformações na base de um edifício de cinco pavimentos enquanto ele era construído, e pode constatar que as cargas verticais eram distribuídas de forma uniforme entre grupos de paredes. Essas constatações colaboram para a ideia que esse método é mais vantajoso, em relação aos custos, porém pode ser mais trabalhoso se comparado ao método anterior.

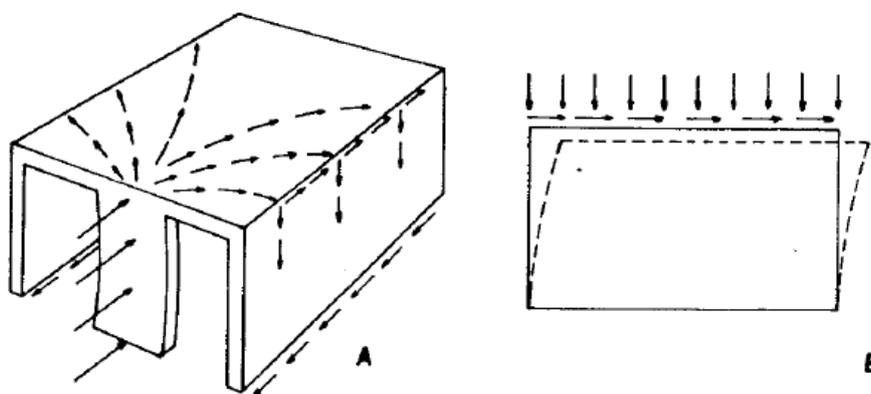
2.3.2.2. CARGAS HORIZONTAIS

As cargas horizontais que são consideradas nos dimensionamento de uma edificação em alvenaria estrutural são o desaprumo e a ação do vento, porém as normatizações brasileiras prescrevem que não há necessidade de considerar a ação do vento em edifícios com menos de quatro pavimentos (JUNIOR, 2014).

Junior (1992) mostra que as ações laterais provocadas pelo vento nas paredes externas são transferidas para laje, que por sua vez transfere para as paredes transversais, o que gera uma tensão de cisalhamento nas mesmas. Porém as tensões de compressão e a resistência à tração da alvenaria geram a resistência necessária para evitar as fissuras geradas pelo cisalhamento.

Um exemplo de ação das cargas dos ventos e sua transferência para paredes internas pode ser vista na figura 3.

Figura 3– (A) Ação do vento em estruturas laminares; (B) Ação na parede transversal (cisalhamento).



Fonte: JUNIOR (1992)

A quantificação das cargas dos ventos é prescrita na norma ABNT NBR 6123 (1998), e depende de vários fatores, como a localização, as dimensões do edifício e rugosidade do terreno, entre outros. Então são encontrados fatores de pressão em cada fachada e calcula-se a pressão multiplicando esses fatores pela área de obstrução em cada fachada.

No que diz respeito ao desaprumo, tecnicamente conhecido como deformação geométrica global, a norma NBR 15961-1 (2011) recomenda que deva ser considerado um desaprumo global de ângulo θ , em radianos, que depende da altura da edificação e pode ser calculada pela equação 2.

$$\theta = \frac{1}{100\sqrt{H}} \leq \frac{1}{40H} \quad (2)$$

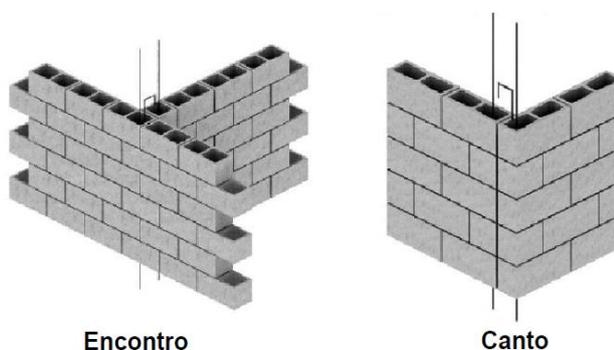
Em que H é altura total da edificação em metros.

2.3.3. AMARRAÇÃO DAS PAREDES

As amarrações das paredes é outro aspecto importante em alvenaria estrutural, pois ela garante a ligação entre as paredes, que por sua vez terá uma correta distribuição das cargas verticais, os encontros entre paredes, e os cantos e bordas são os principais lugares onde se deve ser realizada a amarração, um exemplo de amarração é visto na figura 4. (RAMALHO, 2003).

Segundo Parsekian (2012), a alvenaria pode ser classificada em armada, onde os elementos possuem uma armadura passiva, e não armada.

Figura 4 - Encontro e cantos grampeados



Fonte: Curso noções básicas de alvenaria estrutural (CAIXA, 2016).

2.3.4. PRINCIPAIS PARÂMETROS PARA DIMENSIONAMENTO

Reboredo (2003) destaca que o principal parâmetro para o dimensionamento de qualquer estrutura é a segurança, uma vez que as variáveis envolvidas como cargas, resistências, deformações, erros de execução, entre outras, são impossíveis de quantificar com 100% de certeza.

Segurança de uma estrutura pode ser entendida como a capacidade de suportar as ações para quais ela foi projetada. E todas as teorias que permitem usar o conceito de segurança se baseiam no princípio determinístico, onde diz que todas as estruturas similares terão comportamentos similares, quando expostas às mesmas condições (RAMALHO, 2003).

2.3.4.1. MÉTODO DAS TENSÕES ADMISSÍVEIS

A antiga norma de alvenaria estrutural, NBR 10837 (1989), adotava o método das tensões admissíveis para verificar a segurança das estruturas. Esse método estabelece um coeficiente de segurança γ_i e impõe que as solicitações sejam menores que a resistência dividida pelo coeficiente de segurança, ou de forma matemática pela equação 3.

$$S \leq \frac{R}{\gamma_i}, \text{ com } \gamma_i > 1 \quad (3)$$

Onde S é tensão máxima atuante, e R a resistência de escoamento do material.

Ramalho (2003) aponta diversas limitações desse método, como a impossibilidade de previsão do comportamento da estrutura quando ela está próxima do seu estado limite, outras limitações apresentadas pelo autor são:

- Impossibilidade de se interpretar o coeficiente γ como um coeficiente externo.
- Preocupação exclusiva com a relação serviço-ruptura.

2.3.4.2. MÉTODO DOS ESTADOS LIMITES

A nova norma NBR 15961-1 (2011) passou a adotar o método dos estados limites como modelo de verificação de segurança. De modo geral quando uma estrutura deixa de exercer qualquer um das suas finalidades para qual foi construída, ela atinge um estado limite (REBOREDO, 2013).

Ramalho (2003) define os estados limites como:

Estado limite ultimo (ELU): corresponde ao esgotamento da estrutura, e pode ser causado por diversos fatores, como perda de equilíbrio, ruptura, colapso, fadiga, entre outros.

Estado limite de serviço (ELS): Está relacionado aos limites de uso da estrutura, como vibrações e deformação, ou pode relacionar a durabilidade da estrutura.

O dimensionamento é feito de acordo com a equação 4.

$$S_d < R_d \quad (4)$$

Sendo: $R_d = \frac{R_k}{\gamma_m}$ (resistência de cálculo) e $S_d = S \cdot \gamma_f \cdot F_k$ (solicitação de cálculo).

R_k : Resistência característica

F_k : Ação característica

γ_m e γ_f : Coeficientes de ponderação dados na tabela 2 da NBR 15961-1 (2011)

2.4. DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS SEGUNDO A NBR 15961-1 (2011)

Aqui será discutido os principais critérios, recomendações, e verificações no dimensionamento dos elementos estruturais submetidos aos esforços de compressão, tração, cisalhamento e flexão composta segundo as recomendações da NBR 15961-1 (2011).

2.4.1. RESISTÊNCIA DE CÁLCULO

Segundo Reboredo (2013) na antiga norma NBR 10837 (1989) os critérios de dimensionamento eram baseados nas tensões admissíveis, como comentado no item 2.3.4.1 desse trabalho. Reboredo (2013) também destaca que o coeficiente de segurança γ_i era simplesmente considerado igual a 5 para se obter a tensão admissível dos blocos.

2.4.1.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Segundo Ramalho (2003) a resistência à compressão da alvenaria estrutural é a característica mais importante no dimensionamento dos elementos.

O item 11.2 da norma NBR 15961-1 (2011) expõe a resistência de cálculo de uma parede estrutural de acordo com a equação 5.

$$N_{rd} = f_d \cdot A \cdot R \quad (5)$$

Em que:

N_{rd} : é a força resistente de cálculo

F_d : é a resistência à compressão de cálculo da alvenaria

A: Área da seção resistente

$R = \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right]$, é o coeficiente redutor devido à esbeltez da parede.

Reboredo (2013, apud, Ramalho, 2012) expos que esse coeficiente R que é igual ao da antiga norma está errado. Na norma americana ACI 518 (1983) de onde ele foi retirado, a expressão é elevada ao quadrado. Ramalho (2012) diz ainda que a expressão da norma brasileira se correlaciona melhor com resultados empíricos por esse motivo não foi alterada na norma atual.

Parsekian (2012) aponta as principais mudanças na verificação à compressão entre a antiga norma NBR 10837 (1989) e a 15961-1 (2011), entre elas vale a pena destacar:

- Adoção de valores característicos para resistência à compressão de parede (f_k) e prisma (f_{pk})
- Introdução de critério para consideração da diminuição de resistência quando a argamassa é disposta apenas em cordões laterais
- Alteração dos limites de esbeltez de alvenarias não armadas

Ainda segundo Parsekian (2012), para a relação entre a resistência de parede e resistência do prisma (f_k/f_{pk}) considera-se como sendo igual a 0,7. Ou pode-se considerar que o $f_k=0,7f_{pk}$. Em relação aos coeficientes de segurança γ_m , o comitê optou por não alterá-lo, uma vez que não houve relatos de problemas em obras que utilizaram as prescrições da norma de 1989, porém foi preciso encontrar um valor de γ_m que levasse a valores característicos (f_{pk}), que fossem equivalentes aos antigos valores médios (f_p), como mostrado na tabela 3.

Tabela 3- Valores de γ_m

Combinações	Alvenaria	Graute	Aço
Normais	2,0	2,0	1,15
Especiais	1,5	1,5	1,15
Excepcionais	1,5	1,5	1,0

Fonte: NBR 15961-1 (2011).

Em resumo, a resistência à compressão é verificada pela equação 6.

$$\frac{\gamma_f \cdot N_k}{A} \leq \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \text{ parede} \\ 0,9 \text{ pilares} \end{array} \right\} \cdot \frac{0,7 f_{pk}}{\gamma_m} \cdot \left[1 - \left(\frac{h_{ef}}{40 t_{ef}} \right)^3 \right] \quad (6)$$

Normalmente é usado $\gamma_f = 1,4$ e $\gamma_m = 2,0$ (PARSERKIAN, 2012)

Em que:

γ_f, γ_m – Coeficientes de ponderação das ações e das resistências;

N_k – Força normal característica;

A – Área bruta da seção transversal;

f_{pk} – Resistência característica de compressão simples do prisma;

t_{ef}, h_{ef} – Espessura e altura efetiva.

A espessura mínima foi mantida em 14 cm, com flexibilidade para edificações de até 2 pavimentos, onde se deve respeitar o limite de esbeltez λ , definida como a relação entre altura efetiva e a espessura efetiva, os índices de esbeltez não devem ultrapassar 24 para alvenaria não armada e 30 para alvenaria armada (PARSEKIAN, 2012).

2.4.1.2. ESTIMATIVA ATRAVÉS DA RESISTÊNCIA DE PRISMAS

Segundo Parsekian (2012), o ensaio de compressão dos prismas pode ser realizado utilizando dois ou três blocos unidos por uma junta de argamassa. Durante o ensaio a junta de argamassa deve estar disposta em toda face do bloco, e não só

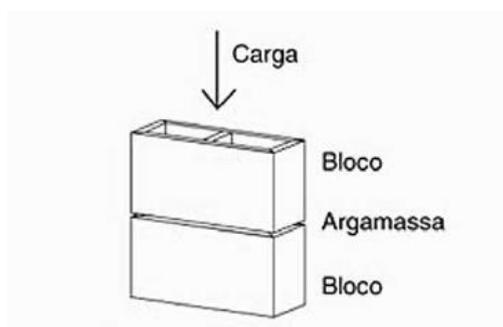
nas laterais e a área de referência de cálculo deve ser a área bruta e não a área líquida como na versão antiga da norma.

O ensaio de resistência de prisma é normatizado pela NBR 12118 (2013), e é voltada especialmente para blocos vazados de concreto, apesar do método também ser útil para outros tipos de materiais.

Vale ressaltar que a resistência do prisma sempre será maior que a resistência da parede e o ensaio deve ser realizado aos 28 dias após concretagem dos blocos.

Na figura 5 pode-se ver o modelo básico de um ensaio de um prisma de dois blocos.

Figura 5 - Modelo de ensaio de um prisma de dois blocos.



Fonte: RAMALHO (2003)

2.5. CUSTOS

Em um mundo tão competitivo como o atual, o não conhecimento adequado sobre orçamentos, preços e honorários pode acarretar graves problemas, pode-se orçar um empreendimento com valores muito elevados que fogem da realidade e perder clientes, ou um preço insuficiente para cobrir os custos e ter prejuízo, podendo resultar até em falência da empresa (TISAKA, 2006).

Segundo Junior (2014), para realizar os cálculos dos custos unitários é preciso conhecer sua composição, ou seja, quanto de material vai ser utilizado, número de horas de pessoal qualificado, e número de horas de equipamentos. Um dos fatores que mais influenciam no custo final da obra é o BDI que incorpora, entre outros fatores, o tempo decorrido da obra.

Dessa maneira quanto mais tempo uma obra durar, maiores serão seus custos e por consequência podemos ter diversos inconvenientes, como prejuízo elevado, perda de materiais e até a inviabilização do empreendimento. Nesse quesito a alvenaria estrutural possui grande vantagem em relação ao concreto armado, pois uma obra, cujo projeto foi modulado corretamente, o tempo de construção será bem menor dependendo das habilidades das equipes que estejam executando o projeto. Outra vantagem que pode ser citada é a racionalização do método construtivo, uma obra realizada em alvenaria estrutural tende a ter menos desperdício de material e menos tempo de ociosidade dos trabalhadores.

2.5.1. FATORES QUE INTERVEM NOS CUSTOS

Vários são os fatores que influenciam na quantificação dos custos de uma obra de construção civil, pois ela sofre influencia direta de diversos fatores, desde a forma de como é gerenciada a obra, até de custos fixos da empresa (SILVA, 2002).

Silva (2002) destaca que os custos com mão de obra são os que apresentam maior dificuldade de apropriação, pois devido às legislações trabalhistas e aos elevados custos associados aos operários tornam a construção civil uma das áreas com maior rotatividade de mão de obra.

É importante destacar que na alvenaria estrutural alguns custos podem ser mais elevados, como a obtenção dos blocos de concreto caso não exista empresas especializadas na região. Outro fato de relevância é que a mão de obra especializada em alvenaria estrutural pode se tornar mais cara devido a natureza do trabalho e da disponibilidade de trabalhadores.

3. METODOLOGIA

Nesse item é mostrado como foi desenvolvido a metodologia de pesquisa do trabalho, bem como as formulas e métodos utilizados para a realização dos comparativos.

Este trabalho foi desenvolvido nas seguintes etapas:

- Escolha da edificação para o estudo, localizada na cidade de Paulo Afonso-BA, a qual está sendo construída em concreto armado;
- Dimensionar a edificação em alvenaria estrutural, respeitando a mesma planta baixa utilizada;
- Definir os subsistemas comuns aos dois processos construtivos;
- Definir os insumos a serem comparados;
- Calcular os índices por m² de cada insumo;
- Realizar o levantamento de custos unitários de cada insumo;
- Fazer as comparações necessárias.

3.1. OBJETO DE ESTUDO DE CASO

Trata-se de um edifício comercial localizado na cidade de Paulo Afonso, na Rua São Jorge, no centro da cidade. O edifício possui 244,09 m² de área construída, e é constituído por dois pavimentos.

Ele está localizado no centro comercial da cidade e será utilizado como futuras instalações de uma loja de artigo infantis.

3.1.1. ESCOLHA DOS SUBSISTEMAS

Foram escolhidos os subsistemas de vedação e de estrutura, tendo em vista que o hidrossanitário, elétrico, pintura, etc. são comuns aos dois sistemas construtivos.

3.2. PROPOSTA DE ESTUDO

- a) Processos construtivos:
 - Concreto Armado;
 - Alvenaria estrutural.
- b) Altura da edificação:
 - 2 (dois) pavimentos.
- c) Processos considerados:

- Estrutura;
- Vedação em bloco cerâmico para a estrutura de concreto, e vedação em bloco de concreto para a alvenaria estrutural.

d) Insumos:

- Concreto;
- Aço;
- Formas;
- Alvenaria;
- Graute.

3.3. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS

3.3.1. CONSTRUÇÃO EM CONCRETO ARMADO

O objeto de estudo está sendo construído em concreto armado, onde estão sendo seguidas as especificações do projeto estrutural, com fundações rasas tipo sapata, com dimensões variáveis e interligadas por vigas baldrame.

A superestrutura é composta por pilares, vigas e lajes maciças cujas dimensões estão apresentadas no anexo A.

A vedação é feita utilizando blocos cerâmicos com dimensões de 19x19x39 cm, assentados com argamassa produzida no local.

O projetista responsável adotou uma resistência característica do concreto de 25 MPa e aço CA-50 e CA-60.

3.3.2. CONSTRUÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Para se obter as informações necessárias para realizar a comparação de custos dos dois métodos construtivos, foi realizado o dimensionamento da mesma edificação desse estudo de caso (Apêndice A), com as modulações das fiadas ímpares e pares e elevações das paredes mais solicitadas.

O dimensionamento em alvenaria estrutural foi feito com o auxílio de um software de cálculo utilizando o módulo de alvenaria armada.

Foi adotado laje maciça, vigas de respaldo, vergas e contravergas, utilizando aço CA-50 e CA-60. O bloco utilizado possui dimensões de 14x19x29 cm com

resistência de 4,5 MPa, assentado com argamassa de 3,5 MPa atendendo o requisito de 0,7 *fbk* (resistência característica do bloco). O graute foi utilizado como material de enchimento em cantos de paredes e em regiões que possa solidarizar o bloco às ferragens, com traço de 1:2:3 (cimento:areia:brita).

3.4. ÍNDICES ADOTADOS

Para realizar a análise comparativa entre os dois métodos construtivos, foram definidos parâmetros que representem os materiais e serviços utilizados nos dois métodos, para realizar uma comparação posterior.

3.4.1. ÍNDICE DE CONCRETO (I_c)

É a relação entre o consumo total de concreto (m^3) e a área total da edificação (m^2). Segundo a NBR 12721 (2006), o índice de concreto é obtido através da equação 7.

$$I_c = \frac{V(m^3)}{A(m^2)} \quad (7)$$

Foi calculado o volume de concreto para os dois métodos construtivos a partir dos projetos estruturais.

3.4.2. ÍNDICE DE AÇO (I_a)

É a razão entre o consumo total de aço (Kg) e área total da edificação (m^2). Pode ser obtido a partir da equação 8.

$$I_a = \frac{P(Kg)}{A(m^2)} \quad (8)$$

O quantitativo desse insumo foi obtido através do levantamento feito nos projetos estruturais.

3.4.3. ÍNDICE DE PAREDES (I_p)

É obtido através da equação 9, a qual é a razão entre a área total em elevação das paredes (m^2), descontadas os vão de portas e janelas e a área total da edificação (m^2).

$$I_p = \frac{AP(m^2)}{A(m^2)} \quad (9)$$

O levantamento foi feito analisando os projetos da edificação, observando os blocos de cerâmicos no processo de concreto armado e os blocos estruturais de concreto no processo de alvenaria estrutural.

3.4.4. ÍNDICE DE FORMA (I_f)

Através da equação 10 pode-se calcular o índice de forma, que é a relação entre a área de forma (m^2) e área total da edificação.

$$I_f = \frac{AF(m^2)}{A(m^2)} \quad (10)$$

O levantamento da área das formas será feito individualmente para lajes, vigas e pilares, observando os respectivos projetos.

3.4.5. ÍNDICE DE GRAUTE (I_g)

Relaciona o volume total de graute (m^3) e a área total da edificação. Será quantificada apenas para o processo de alvenaria estrutural, conforme ilustra a equação 11.

$$I_g = \frac{Vg(m^3)}{A(m^2)} \quad (11)$$

3.4.6. ÍNDICE DE AÇO NA ALVENARIA (I_{ac})

Através da equação 12 calcula-se a relação entre o peso total do aço utilizado (kg) e a área da edificação. O levantamento será feito apenas para o processo de alvenaria estrutural, nas vigas de respaldo, vergas e contravergas.

$$I_{ac} = \frac{Pa(Kg)}{A(m^2)} \quad (12)$$

3.5. RELAÇÃO DOS ÍNDICES

Todos os índices serão quantificados de acordo com a necessidade ou não do seu uso, respeitando a natureza de cada método construtivo e observando os respectivos projetos estruturais.

Na tabela 4 são dispostos quais parâmetros serão quantificados em cada processo construtivo.

Tabela 4 – Relação de análise dos índices de consumo

Índice	Etapa	Unidade	Verificação de análise	
			Concreto Armado	Alvenaria Estrutural
Ic	Lajes	m ³ /m ²	x	x
	Vigas	m ³ /m ²	x	x
	Pilares	m ³ /m ²	x	
Ia	Lajes	Kg/m ²	x	x
	Vigas	Kg/m ²	x	x
	Pilares	Kg/m ²	x	
If	Lajes	m ² /m ²	x	x
	Vigas	m ² /m ²	x	x
	Pilares	m ² /m ²	x	
Ip	Alvenaria	m ² /m ²	x	x
Ig	Alvenaria	Kg/m ²		x
Iac	Alvenaria	m ³ /m ²		x

Fonte: O autor

3.6. CÁLCULO DOS CUSTOS

O comparativo de custos foi feito apenas com as etapas divergentes entre os dois métodos, uma vez que etapas comuns aos dois processos construtivos possuem as mesmas composições de custos, logo, não se faz necessária a realização de comparativos.

Também não foram consideradas despesas relativas, como por exemplo: BDI, custos administrativos, taxas, impostos, entre outros, pois se considera custos comuns aos dois métodos construtivos.

A metodologia de cálculo de custo consistirá em quantificar todos os índices de cada subsistema relativos a cada método construtivo e calcular o valor para cada 1,00 m² do empreendimento.

Todos os custos unitários incluem o custo de mão de obra sem desoneração fiscal na sua composição analítica.

Os valores dos custos médios foram retirados da secretaria de infraestrutura do Ceará (SEINFRA, 2019), tendo em vista que são valores que se aproximam da realidade da cidade de Paulo Afonso-Ba.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CÁLCULO DOS CONSUMOS DOS ÍNDICES

A tabela 5 informa o levantamento dos insumos relacionados ao subsistema da estrutura e a tabela 6 informa o levantamento dos materiais relativos ao subsistema de vedação dos métodos de concreto armado (CA) e alvenaria estrutural (AE). Foi considerada uma área construída de 244,09 m².

Tabela 5 – Consumo dos índices dos subsistemas da estrutura

Processo construtivo		Área de forma (m ²)	Aço (Kg)	Concreto (m ³)
Pilares				
CA	Consumo	168,6	1186,6	13,86
	Índice	0,69	4,86	0,05
AE	Consumo	0	0	0
	Índice	0	0	0
Vigas/Cintas				
CA	Consumo	217,57	856,8	14,41
	Índice	0,89	3,51	0,06
AE	Consumo	54,19	294,00	5,67
	Índice	0,22	1,20	0,02
Lajes				
CA	Consumo	221,34	1073,8	31,92
	Índice	0,90	4,40	0,13
AE	Consumo	241,13	1254	24,11
	Índice	0,98	5,16	0,09

Fonte: O autor

Tabela 6 – Consumo do subsistema de vedação

Processo construtivo		Alvenaria (m ²)	Aço (Kg)	Graute (m ³)
Alvenaria				
CA	Consumo	450,51	0	0
	Índice	1,84	0	0

AE	Consumo	479,71	1260	0,210
	Índice	1,96	5,16	0,0008

Fonte: O autor

4.2. CÁLCULO DOS CUSTOS

Para a realização do quantitativo dos custos dos subsistemas foi utilizada a tabela de custos da secretaria de infraestrutura do Ceará (SEINFRA, 2019). Os valores são referentes à tabela 026, vigente para o ano de 2019.

4.2.1. RESUMO DOS CUSTOS UNITÁRIOS

A partir dos valores encontrados na tabela de custos do SEINFRA-CE foi montada a tabela 7 com um resumo dos custos unitários das etapas dos subsistemas analisados. Na composição analítica dos custos estão incluídos os custos de mão de obra sem desoneração e as perdas.

Tabela 7 – Resumo dos custos unitários utilizados na análise

Serviço/Insumo	Unidade	Custo unitário (R\$)
FORMA P/ CONCRETO "IN LOCO"	M ²	73,48
ARMADURA DE AÇO CA 50/60 – CONCRETO ARMADO	KG	8,86
CONCRETO MOLDADO "IN LOCO" FCK ACIMA DE 10 MPa, INCLUINDO LANÇAMENTO E CURA	M ³	634,37
ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO FURADO	M ²	28,13
ALVENARIA	M ²	63,61

ESTRUTURAL DE BLOCO DE CONCRETO ESP=14 cm		
CONCRETO GROUT, LANÇAMENTO E CURA	M ³	4585,93

Fonte: Tabela SEINFRA-CE 026 (2019)

A partir dos custos unitários de cada subsistema analisado foi elaborada a tabela 8 contendo o somatório dos dados totais obtidos no item 3.8 desse estudo e o seu respectivo custo unitário, obtendo os índices de custos totais de cada subsistema.

Tabela 8 – Índices de custos totais

Processo Construtivo	Serviço	Índice	Custo unitário	Índice total	Índice de custo (R\$/M ²)
CA	Forma	lf	73,48	2,48	182,23
	Concreto	lc	634,37	0,24	152,24
	Aço	la	8,86	12,77	113,14
	Alvenaria	lp	28,13	1,84	51,75
	Índice de custo total				
AE	Forma	lf	73,48	1,20	88,17
	Concreto	lc	634,37	0,11	69,78
	Aço	la	8,86	11,52	102,06
	Alvenaria	lp	63,61	1,96	124,67
	Graute	lg	4585,93	0,0008	3,66
	Índice de custo total				

Fonte: O autor

4.3. ANÁLISE COMPARATIVA

A partir dos dados obtidos através dos projetos estruturais em concreto armado e em alvenaria estrutural, foi obtido que para a construção de 1 m² dos subsistemas analisados é necessário R\$ 388,37 para alvenaria estrutural, e R\$ 499,36 para concreto armado. Representando uma diferença nos custos de cerca de 28,5%.

A tabela 9 mostra o comparativo dos dois custos, tomando como referência unitária o custo do processo construtivo em alvenaria estrutural.

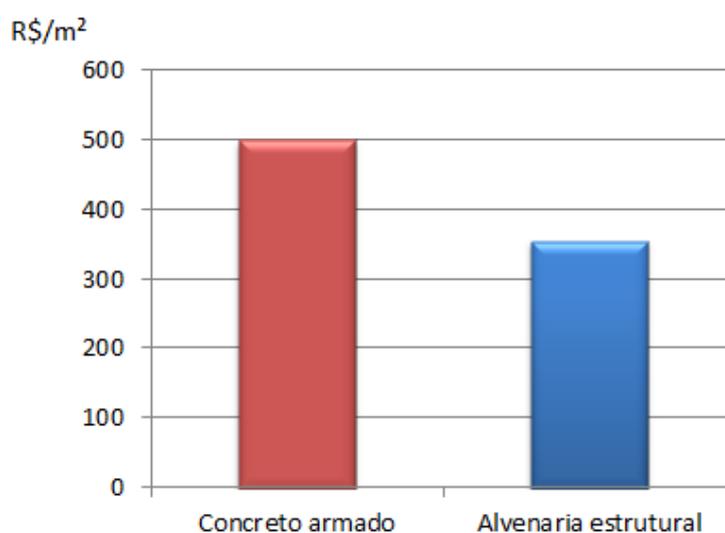
Tabela 9 – Comparativo de custos

Análise	Alvenaria estrutural	Concreto armado
Custo total	388,37	499,36
Custo referencial	1,00	1,285
Variação	Referência	28,5%

Fonte: O autor

A figura 6 mostra um comparativo gráfico dos valores encontrados na análise.

Figura 6 – Comparativo gráfico dos custos



Fonte: O autor

4.3.1. ANÁLISE DE CADA SUBSISTEMA

Observando cada subsistema dos métodos construtivos analisados pode-se notar qual insumo é relativamente mais caro. Nas tabelas 10, 11 e 12 encontra-se o comparativo de cada subsistema.

Tabela 10 – Comparativo dos índices de forma

Método construtivo	Subsistema	If laje	If vigas	If pilar	If total
CA	Estrutura	0,90	0,89	0,69	2,48
AE	Estrutura	0,98	0,22	0	1,2

Fonte: O autor

Percebe-se que o índice de forma total do concreto armado apresenta um valor maior que o dobro do índice de forma total em alvenaria estrutural, essa diferença ocorre devido à ausência do pilar no segundo método construtivo. Em relação aos índices de concreto a ausência de pilares também influencia na diferença de 50% entre os índices, a diminuição do número de vigas afeta consideravelmente a disparidade entre os índices como pode se observar na tabela 11.

Tabela 11 – Comparativo dos índices de concreto

Método construtivo	Subsistema	Ic laje	Ic vigas	Ic pilar	Ic total
CA	Estrutura	0,13	0,06	0,05	0,24
AE	Estrutura	0,09	0,02	0	0,11

Fonte: O autor

Tabela 12 – Comparativo dos índices de aço da estrutura

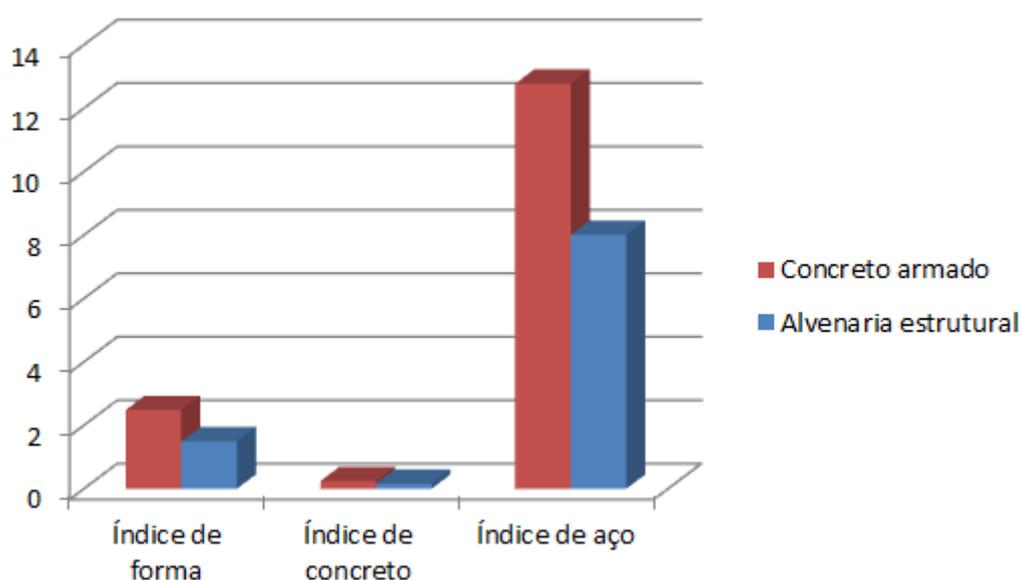
Método construtivo	Subsistema	Ia laje	Ia vigas	Ia pilar	Ia total
CA	Estrutura	4,40	3,51	4,86	12,77
AE	Estrutura	5,16	1,20	0	6,36

Fonte: O autor

Novamente nota-se uma diferença considerável entre os métodos, com um acréscimo de cerca de 100% no índice de aço de concreto armado, dessa vez devido à ausência de pilares e a diminuição das vigas em alvenaria estrutural.

Na figura 7 é apresentada a comparação gráfica entre os índices do subsistema de estrutura.

Figura 7 – Comparativo entre os índices do subsistema de estrutura



Fonte: O autor

Para o subsistema de vedação tem-se as comparações mostradas na tabela 13, onde se vê que todos os índices foram maiores na alvenaria estrutural devido à natureza do método construtivo.

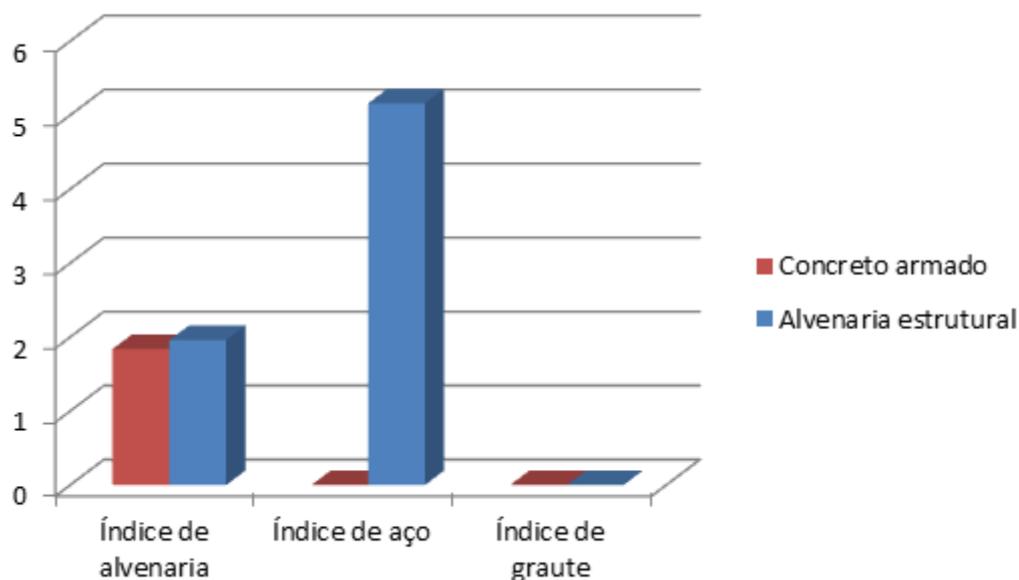
Tabela 13 – Comparativo dos índices do subsistema de vedação

Método construtivo	Subsistema	Ip	Iac	Ig
CA	Vedação	1,84	0	0
AE	Vedação	1,96	5,16	0,0008

Fonte: O autor

Na figura 8 é apresentado o comparativo entre todos os índices do subsistema de vedação.

Figura 8 – Comparativo entre os índices do subsistema de vedação



Fonte: O autor

4.3.2. ANÁLISE DOS CUSTOS DE CADA MÉTODO CONSTRUTIVO

A tabela 14 mostra o quantitativo de cada índice do método construtivo de concreto armado e da alvenaria estrutural e seu custo unitário, tornando possível a comparação com o valor total encontrado.

Tabela 14 - Comparativo na composição do custo total de cada método construtivo

Método construtivo	Índice	Subsistema	Custo total	Peso no custo total
CA	lf	Estrutura	182,23	36,49%
	la	Estrutura	113,14	30,48%
	lc	Estrutura	152,24	22,65%
	lp	Vedação	51,75	10,36%
	Total			499,36
AE	lf	Estrutura	88,17	22,7%
	la	Estrutura	56,34	14,50%
	lc	Estrutura	69,78	17,96%
	lac	Vedação	45,71	11,77%
	lp	Vedação	124,67	32,1%
	lg	Vedação	3,66	0,94%

	Total	388,37	100%
--	--------------	---------------	-------------

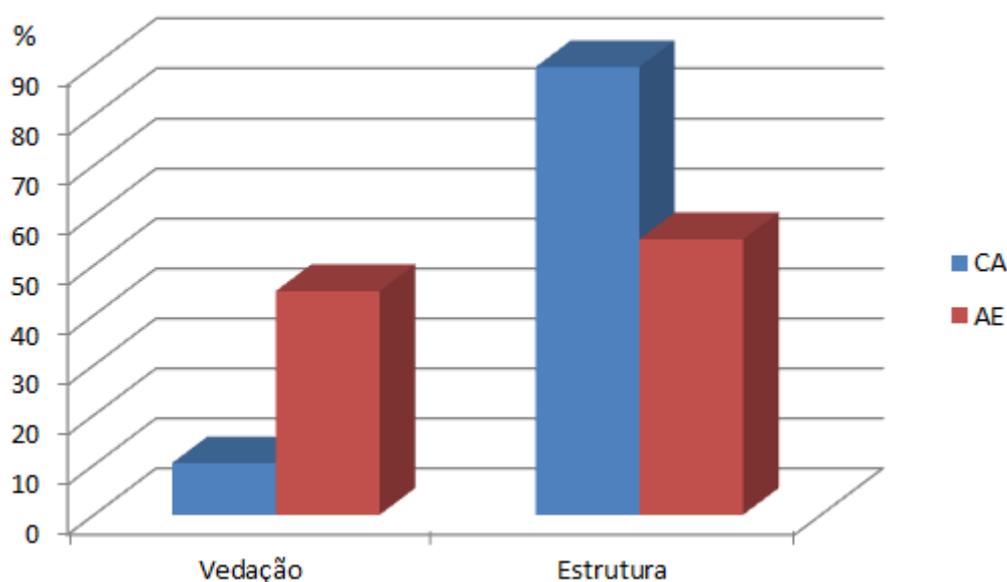
Fonte: O autor

Percebe-se que as fôrmas representam a maior parcela do custo no método de concreto armado, devido ao seu alto valor e pela grande quantidade utilizada. Vale salientar que o reuso das formas não foi considerado nesse trabalho.

Percebe-se que a alvenaria é responsável pela maior quantidade dos custos na alvenaria estrutural.

Nota-se também que o sistema de vedação tem pouca relevância no custo total em concreto armado, por sua vez, na alvenaria estrutural o subsistema de vedação possui muito mais destaque.

Figura 9 – Participação de cada subsistema no custo total



Fonte: O autor

Analisando os dados da tabela 14 percebe-se que o sistema de vedação é responsável por 44,8% dos custos totais do método construtivo em alvenaria estrutural, enquanto em concreto armado por apenas 10,3%, entretanto o subsistema de estrutura compõe cerca de 89,6% dos custos totais do concreto armado.

Fazendo um comparativo com o CUB-Sinduscon-BA (Custo Unitário Básico de Construção) para edificações comerciais de padrão médio e de até 8 pavimentos podemos notar uma significativa diferença entre os métodos. Os valores adotados são referentes ao mês de outubro de 2019, e sem desonerações.

Tabela 15 – Comparativo com o CUB

Método construtivo	Custo unitário total (R\$/m ²)	CUB (R\$/m ²)	Relação
CA	499,36	1653,50	30,2%
AE	388,37	1653,50	23,48%

Fonte: O autor

Nota-se na tabela 15 que em relação ao custo total da obra o método de concreto armado se torna 6,72% mais caro se comparado ao método de alvenaria estrutural.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho foram apresentados conteúdos teóricos referentes à alvenaria estrutural, bem como aspectos de projetos realizados nesse método construtivo. Também foram realizados os levantamentos dos quantitativos dos insumos nos dois métodos para que assim pudessem ser calculado os seus respectivos índices de consumo e de custo e então realizar as devidas comparações.

Apesar de praticamente não existir nenhuma obra relevante em alvenaria estrutural na cidade de Paulo Afonso, é notável o potencial de economia de custos em uma edificação que se pode obter utilizando esse método construtivo.

Pode-se aprofundar ainda mais os valores encontrados nesse estudo juntamente com projetistas e construtores da cidade a fim de se ter ainda mais economias na obra, como por exemplo, o uso conjunto da alvenaria estrutural com lajes pré-moldadas o que garantiria muito mais economia com fôrmas.

Nota-se que em relação ao custo total dessa obra uma economia de 6,72% representa uma vantagem enorme para uma construtora que deseja disputar a concorrência de uma construção, tendo em vista que ela pode apresentar a alvenaria estrutural como solução para baratear o investimento do empreendedor, ou para aumentar sua lucratividade.

Portanto, fica demonstrado através desse estudo que para edificação analisada o método de construção em alvenaria estrutural de blocos de concreto apresenta vantagens econômicas superiores sobre o método de concreto armado.

Fica sugestivo para trabalhos futuros o comparativo de custos com levantamento dos quantitativos utilizados pelas construtoras locais, tanto para a alvenaria estrutural quanto para o concreto armado, tendo em vista que os valores podem variar consideravelmente se comparados com as bases de preços estaduais e nacionais.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. [S.I.]. 1980.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações**. [S.I.]. 1988.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto - Procedimento**. [S.I.]. 1989.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721 - Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios - Procedimento**. [S.I.]. 2006.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15812-2 - Alvenaria estrutural — Blocos cerâmicos Parte 2: Execução e controle de obras**. [S.I.]. 2010.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-1: 2011 – Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto – Parte 1: Projetos, através do dimensionamento da edificação**. [S.I.]: [s.n.], 2011.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio**. [S.I.]. 2013.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. [S.I.]. 2014.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos**. ABNT. [S.I.]. 2016.
- ABNT. **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos**. [S.I.]: [s.n.], 2016.
- ACI - AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Building code requirements for masonry structures**. [S.I.]. 2005.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **Curso noções básicas de alvenaria estrutural.** [S.l.]. 2016.

CAMARA BRASILEIRA DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Pesquisa mensal de emprego.** cbic. [S.l.]. 2017.

CUNHA, E. H. **Análise experimental do comportamento de prismas grauteados em.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal. Goiania. 2001.

FEDERAL, F. D. I. D. D. **Relatorio de empregos da construção civil.** FIBRA. [S.l.]. 2017.

HENDRY, A. W. **DESIGN OF MASONRY STRUCTURES.** 1. ed. [S.l.]: [s.n.], 1981.

IBGE. **Censo populacional.** IBGE. [S.l.]. 2019.

IBRE, F. -. **Observatorio de politica fiscal.** FGV. São Paulo. 2019.

IMOBILIARIAS, A. -A. B. D. I. **Relatorio anual.** [S.l.]. 2017.

IMOBILIARIAS, A. B. D. I. **Relatoria da construção civil.** [S.l.]. 2017.

INSTITUTE, P. M. **PMBOK - A Guide to the Project Management Body of Knowledge.** [S.l.]: [s.n.], 2000.

JUNIOR, A. M. **Comparativo dos custos de sistemas construtivos em concreto armado e alvenaria estrutural.** Universidade de santa maria - tese de mestrado. Santa Maria. 2014.

JUNIOR, V. O. **Recomendações para projetos de edificios em alvenaria estrutural -** Tese de mestrado, São carlos, p. 273, 1992.

LOGULLO, B. G. **Influência do Graute e da Taxa de Armadura no.** Dissertação - FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA. ILHA SOLTEIRA – SP. 2006.

MOHAMAD, G. **Construções em Alvenaria Estrutural - Material, projetos e desempenho.** [S.l.]: [s.n.], 2015.

PARSEKIAN, P. D. G. A. **APOSTILA DO CURSO: ALVENARIA ESTRUTURAL.** São Carlos. 2012.

PARSERKIAN, G. A. **Parametro de projeto de alvenaria estrutural de blocos de concreto**. São Carlos: EdUFUSCar, 2012.

RAMALHO, M. A. **Projetos de edificios de alvenaria estrutural**. 1ª. ed. São Paulo: Pini Ltda, v. 1, 2003.

REBOREDO, A. R. **DIMENSIONAMENTO DE UM EDIFÍCIO EM ALVENARIA ESTRUTURAL**. TCC-Universidade federal de santa catarina. Florianópolis. 2013.

ROMAN, H. R. **Construindo em alvenaria estrutural**. [S.l.]: [s.n.], 2014.

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA DO CEARA. **Tabela de Custos**. SEINFRA. [S.l.]. 2019.

SEINFRA - SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA. **Tabela 026**. Fortaleza. 2019.

SILVA, A. H. D. **Tese de mestrado - Comparativo de custos entre processos construtivos em concreto armada e em alvenaria estrutural em blocos ceramicos e de concreto**. Florianopolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

SINDUSCON - SINDICATO DE CONSTRUÇÃO DA BAHIA. **Relatorio CUB**. [S.l.]. 2019.

SINDUSCON-BA. **Tabela de custos unitarios, CUB**. [S.l.]. 2019.

SOUZA, R. A. D. O dimensionamento de uma edificação de pequeno porte de alvenaria estrutural com as normas europeia, britânica e brasileira, São Carlos, 2009.

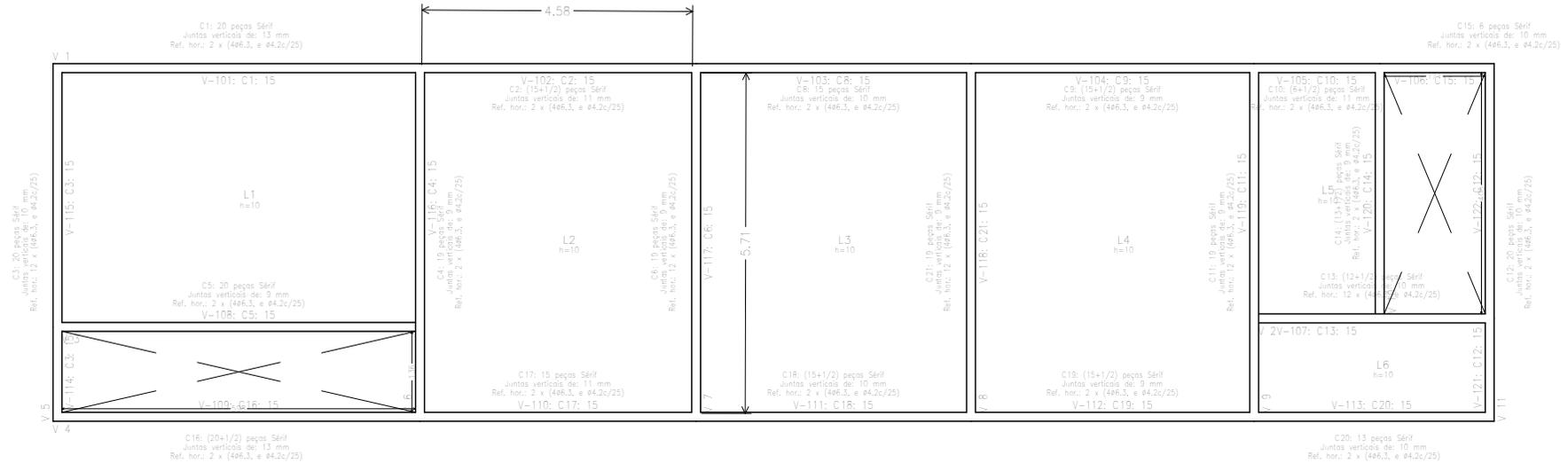
TAUIL, C. A. **Alvenaria Estrutural**. 1ª. ed. São Paulo: Pini, 2010.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil**. São Paulo: pini, 2006.

TMS. The masonry society, 2005. Disponível em: <<https://masonrysociety.org/>>.

VARGAS, F. G. **Relatorio do PIB**. FGV - Ibres. [S.l.]. 2019.

APÊNDICE A - PLANTA DE FÔRMA DO 1º PISO

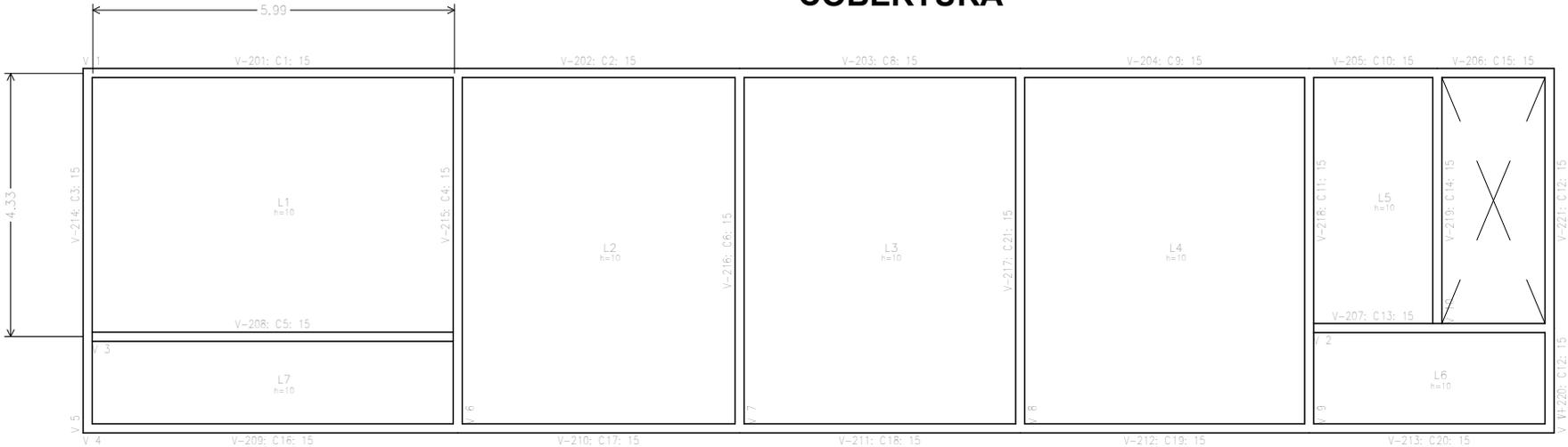


Elemento	Piso 1		Unidade	Qtd
	Área (m ²)	Superfície (m ²)		
Lajes maciças	-	116,51	m ²	6,8
Vigas	27,83	14,51	m	149
Armadura de blocos	-	-	m ²	801
Portas	0,00	-	m ²	-
Portas (pqr. 102)	131,02	18,48	m ²	1,25
Portas (pqr. 102)	-	-	m ²	70,4

Piso 1
Escala: 1:50
Nota: A disposição de blocos que se desenha corresponde à primeira fiada, exceto se o muro termina no piso, cujo caso corresponde à última fiada de piso inferior.

Área de cobertura de bloco de concreto armado (Piso 1)				
Identificação	Área vertical (m ²)	Quantidade	Unidade	Referência
C1	14	20	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C2	14	20	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C3	9	10	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C4	10	20	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C5	9	10	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C6	9	10	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C7	12	12	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C8	14	20	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C9	14	20	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C10	10	10	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C11	9	10	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C12	10	10	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C13	12	12	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C14	9	10	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C15	10	10	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C16	10	10	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C17	15	15	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C18	15	15	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C19	15	15	m ²	(446,3 e #4,2c/25)
C20	13	13	m ²	(446,3 e #4,2c/25)

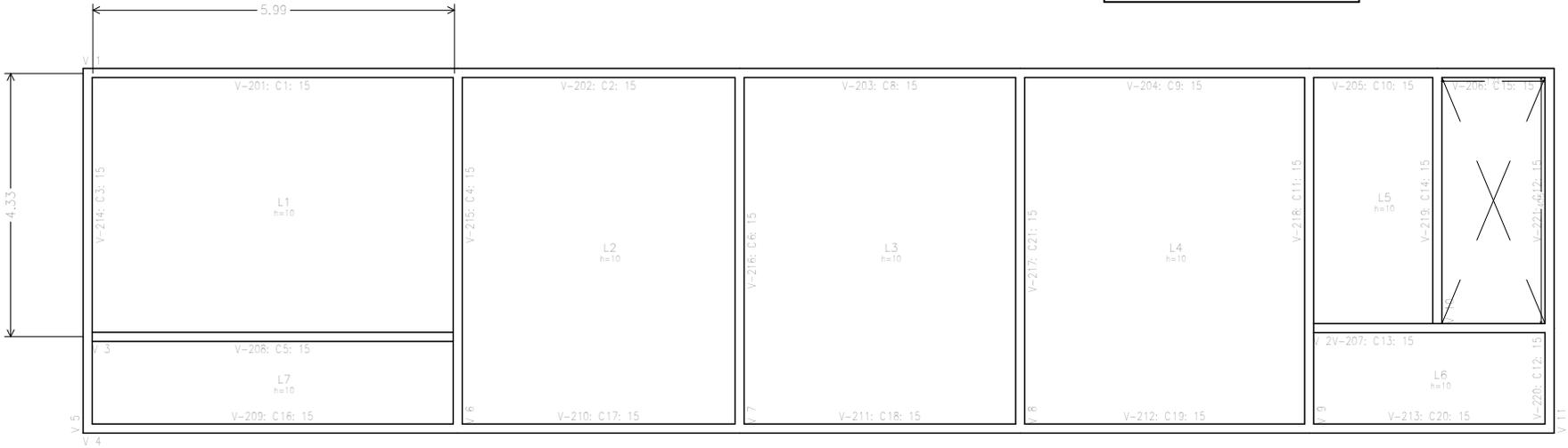
APÊNDICE B - PLANTA DE FÔRMA DA COBERTURA



Cobertura
Fôrmas
Concreto: C25, em geral
Escala: 1:50
Nota: A disposição de blocos que se desenha corresponde à primeira fiada, exceto se o muro termina no piso, cujo caso corresponde à última fiada do piso inferior.

Cobertura
Piso
Escala: 1:50
Nota: A disposição de blocos que se desenha corresponde à primeira fiada, exceto se o muro termina no piso, cujo caso corresponde à última fiada do piso inferior.

Cobertura				
Elemento	Qtd	Superfície (m ²)	Volum. (m ³)	Qtd
Linhas maoíço	14	14,52	0,58	84
Vigas	26	14,52	2,840	145
Alvenaria de blocos	1	0,00	0,00	653
Pilares	0,00	0,00	0,00	0,00
Total		29,04	3,420	741
Índices (por m ²)				
Superfície Total		136,14 m ²		



APÊNDICE C – QUANTITATIVO DA OBRA EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Notas:

Barras: Os valores indicados têm incluídas as perdas.

Superfície total: Foram deduzidas as aberturas de superfície maior que 0.00 m².

A armadura dos muros é suposta contínua. Não se levam em conta, nem no desenho, nem na medição, as sobreposições e as aberturas.

Piso 1

Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
Lajes maciças	-	116.51	11.650	633
Vigas	27.83	14.51	2.830	149
Alvenaria de blocos	-	-	-	607
Pilares	0.00	-	-	-
Total	-	131.02	14.480	1389
Índices (por m²)	-	-	0.111	10.60
Superfície total: 131.02 m²				

Cobertura

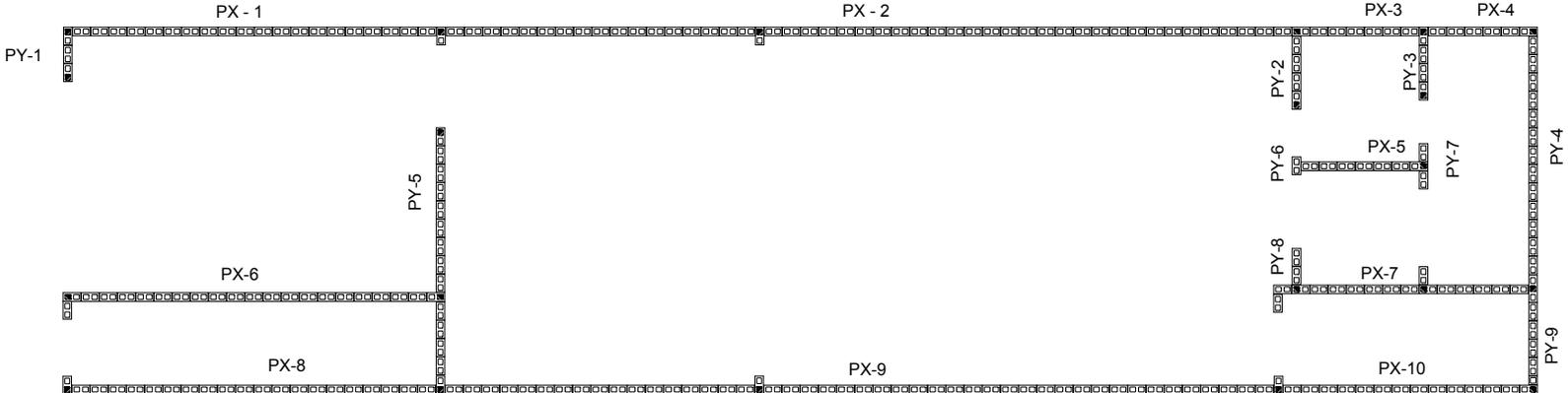
Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
Lajes maciças	-	124.62	12.460	621
Vigas	26.36	14.52	2.840	145
Alvenaria de blocos	-	-	-	653
Pilares	0.00	-	-	-
Total	-	139.14	15.300	1419
Índices (por m²)	-	-	0.110	10.20
Superfície total: 139.14 m²				

Total obra

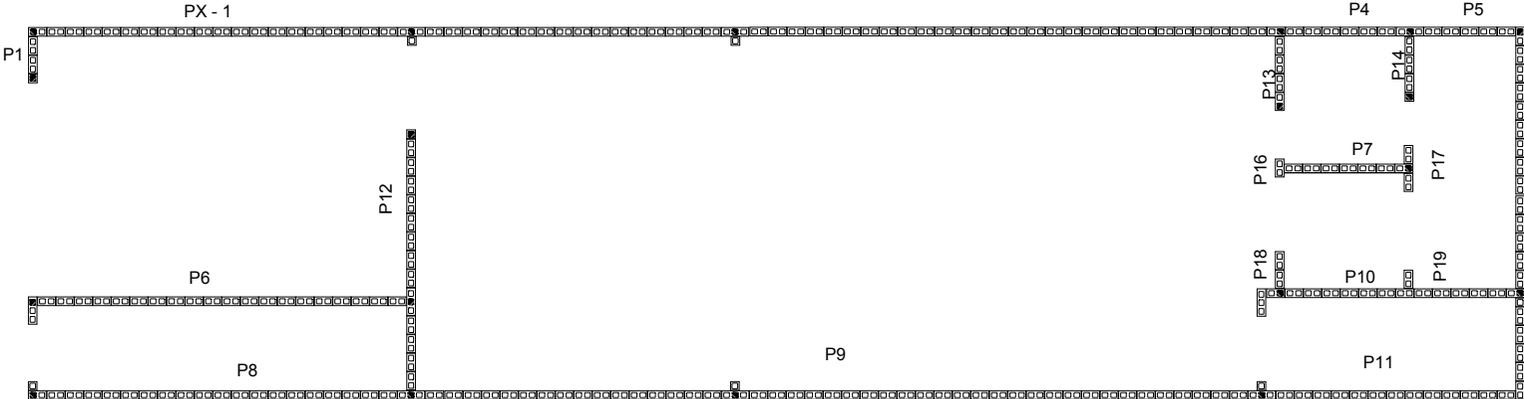
Elemento	Fôrmas (m ²)	Superfície (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
Lajes maciças	-	241.13	24.110	1254
Vigas	54.19	29.03	5.670	294
Alvenaria de blocos	-	-	-	1260
Pilares	0.00	-	-	-
Total	-	270.16	29.780	2808
Índices (por m²)	-	-	0.110	10.39
Superfície total: 270.16 m²				

APÊNDICE D - MODULAÇÃO DAS FIADAS

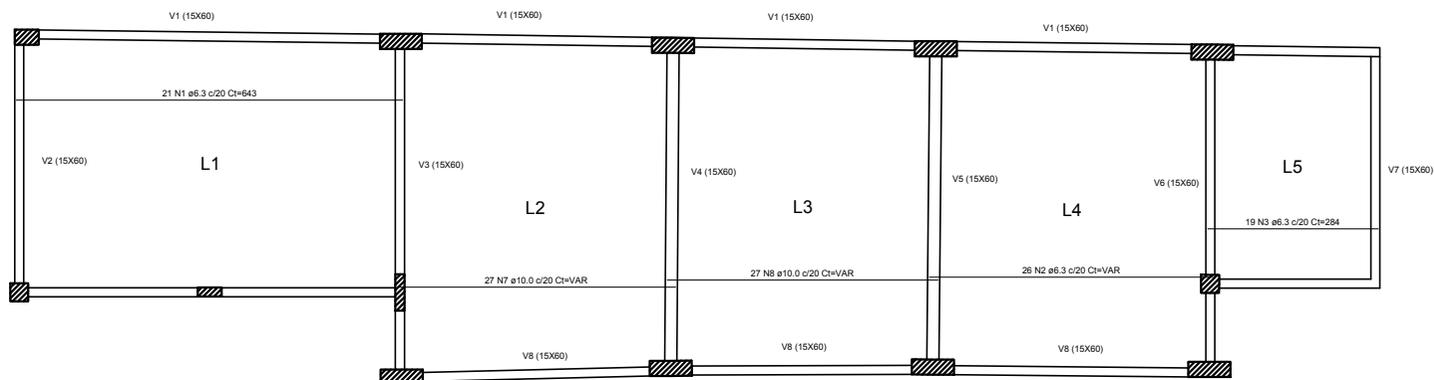
MODULAÇÃO FIADA IMPAR



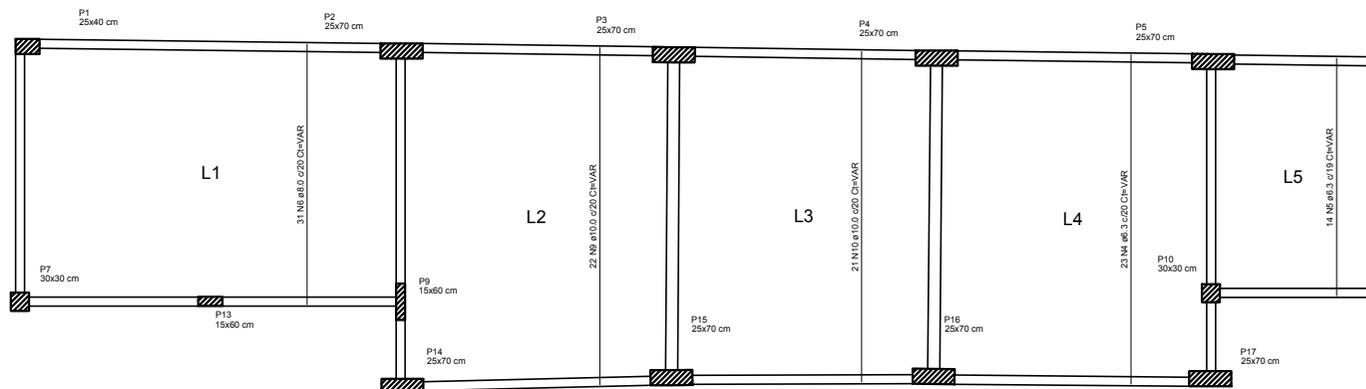
MODULAÇÃO FIADA PAR



**ANEXO A - PLANTA DE FORMA E LAJE
1º PAV (C.A.)**

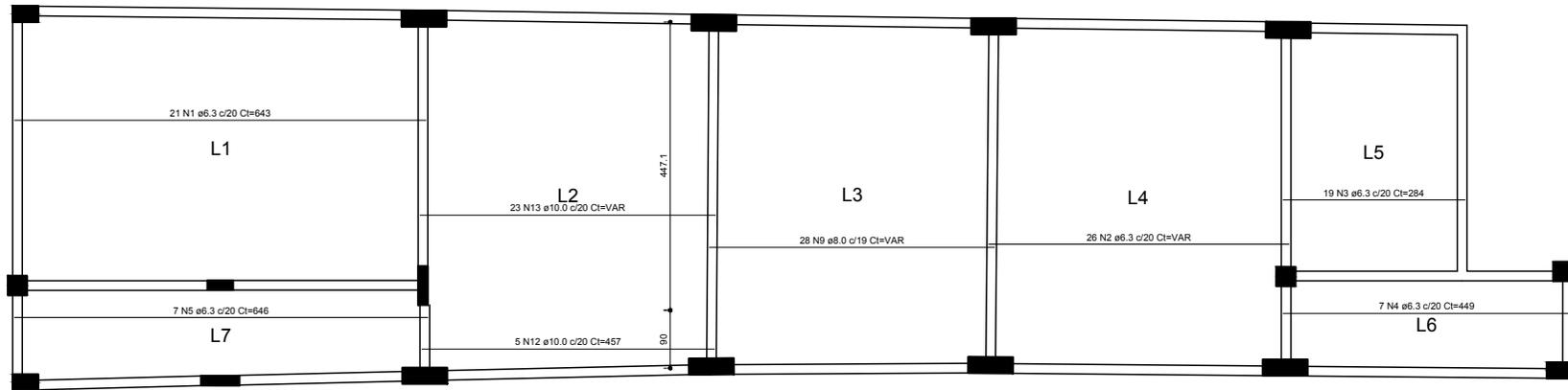


Armação positiva das lajes do pavimento Segundo pavimento (Eixo X)
escala 1:75

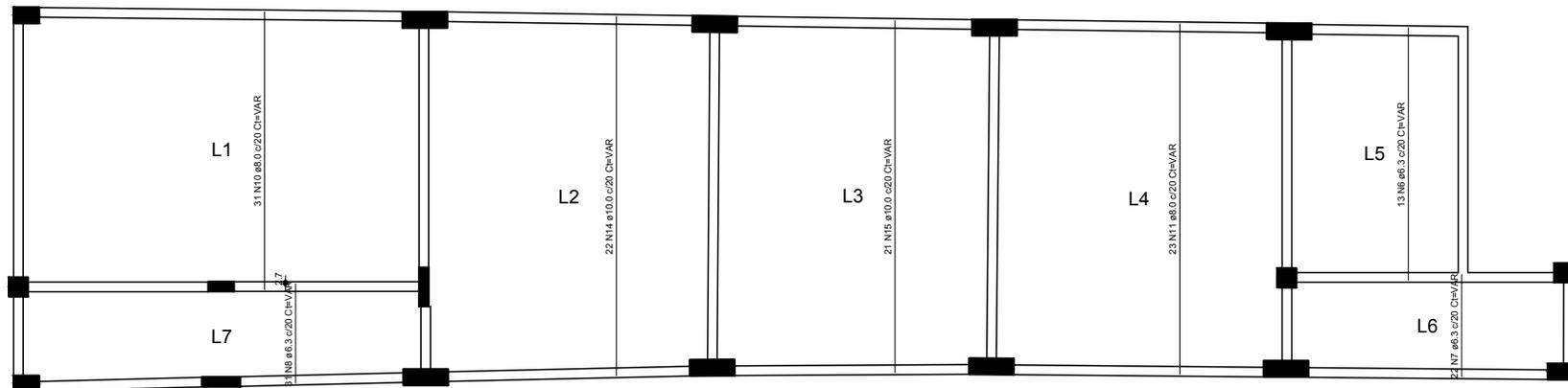


Armação positiva das lajes do pavimento Segundo pavimento (Eixo Y)
escala 1:75

ANEXO B - PLANTA DE FÔRMA E LAJE COBERTURA (C.A.)



Armação positiva das lajes do pavimento Cobertura (Eixo X)
escala 1:75



Armação positiva das lajes do pavimento Cobertura (Eixo Y)
escala 1:75