

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CAIO VINICIUS LAUERMANN SILVA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ENTRE ALVENARIA
ESTRUTURAL E ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO -
ESTUDO DE CASO DE EDIFÍCIOS EM ANÁPOLIS - GO**

ANÁPOLIS / GO

2020

CAIO VINICIUS LAUERMANN SILVA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ENTRE ALVENARIA
ESTRUTURAL E ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO -
ESTUDO DE CASO DE EDIFÍCIOS EM ANÁPOLIS - GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADORA: KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES

ANÁPOLIS / GO: 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

LAUERMANN, CAIO

Estudo De Viabilidade Entre Alvenaria Estrutural E Estrutura Em Concreto Armado – Estudo De Caso De Edifícios Em Anápolis - GO.

60P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Estrutura em Concreto armado	2. Alvenaria Estrutural
3. Comparação	4. Construção
I. ENC/UNI	II. Bacharel

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LAUERMANN, Caio. Estudo De Viabilidade Entre Alvenaria Estrutural E Estrutura Em Concreto Armado – Estudo De Caso De Edifícios Em Anápolis - GO.

TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 60p. 2020.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Caio Vinicius Lauermann Silva

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo De Viabilidade Entre Alvenaria Estrutural E Estrutura Em Concreto Armado – Estudo De Caso De Edifícios Em Anápolis - GO.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Caio Vinicius Lauermann Silva

Caio Vinicius Lauermann Silva

E-mail: caio77.10@gmail.com

CAIO VINICIUS LAUERMANN SILVA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ENTRE ALVENARIA
ESTRUTURAL E ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO -
ESTUDO DE CASO DE EDIFÍCIOS EM ANÁPOLIS - GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

**KÍRIA NERY ALVES E. S. GOMES, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADORA)**

**ROGÉRIO SANTOS CARDOSO, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**ANDERSON DUTRA E SILVA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

ANÁPOLIS/GO, 04 de dezembro de 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ter me protegido por todos esses anos pois, mesmo longe de familiares e amigos de infância, Ele sempre esteve comigo e me levantou, animou e fortaleceu.

Em segundo lugar agradeço a todos os meus familiares, em especial minha mãe Marlei e meu pai Oziel por sempre me apoiar, motivarem e serem minhas paixões e por quem eu faço tudo. Mesmo após sofrerem por ver o filho mais velho ser o primeiro a sair de casa com 13 anos para morar a mais de 1100 km de distância para realizar o sonho deles de ver um filho estudando e posteriormente talvez se formar no ensino superior.

A minha orientadora, Ma. Kíria Nery, pela disponibilidade e disposição em me orientar. Por sempre transmitir o conhecimento adquirido como uma excelente profissional, tanto na área da construção e no meio acadêmico como professora. Sendo desde a minha primeira aula, a pessoa /profissional que eu sempre admirei e me espelhei para tentar ao menos ser o mais próximo como pessoa e como profissional.

Concluindo, mas não menos importante, agradeço de coração pelos meus amigos, em especial Jeovana Antunes, por todo apoio no dia a dia, por sempre se preocupar e ajudar. Sendo importantes e tendo papel fundamental para eu chegar onde estou hoje evoluindo a cada dia mais.

RESUMO

A história do desenvolvimento humano traz consigo diversas vertentes, dentre elas a de moradia, o conceito de habitar evoluiu de acordo com as civilizações através da busca por ambientes seguros. Neste desenvolvimento o aspecto econômico é de suma relevância. Na atualidade o mercado da construção civil brasileiro trabalha com dois importantes sistemas construtivos, estrutura em concreto armado, formada de pilares e vigas de concreto com vedação em tijolos cerâmicos; e a alvenaria estrutural feita com blocos de concreto ou cerâmicos armados e grauteados. Por este ângulo, esta pesquisa teve por objetivo o estudo de viabilidade entre os sistemas construtivos citados, tendo como estudo de caso uma edificação habitacional com 03 pavimentos na cidade de Anápolis-GO, apresentando suas vantagens e desvantagens em relação a custos e produtividade. Para tal, de modo a fundamentar o estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, assim como analisados os estudos de viabilidade financeira disponibilizados pela equipe técnica da obra em questão além de uma entrevista com os responsáveis técnicos pela edificação. Através deste estudo, constatou-se que em relação aos custos, a utilização do sistema construtivo em alvenaria estrutural teve seu custo reduzido em até 31,37% se comparado ao mesmo projeto em concreto armado.

PALAVRAS-CHAVE: Viabilidade. Alvenaria estrutural. Concreto armado.

ABSTRACT

The history of human development brings with it several aspects, including housing, the concept of living has evolved according to civilizations through the search for safe environments. In this development, the economic aspect is extremely important. Currently, the Brazilian civil construction market works with two important construction systems, reinforced concrete structure, formed of concrete pillars and beams with ceramic brick fencing; and structural masonry made with concrete or reinforced concrete blocks. From this angle, this research aimed to study the feasibility between the aforementioned construction systems, having as a case study a residential building with 03 floors in the city of Anápolis-GO, presenting its advantages and disadvantages in relation to costs and productivity. To this end, in order to substantiate the study, a bibliographic research was carried out, as well as the financial feasibility studies provided by the technical team of the work in question were analyzed, as well as an interview with the technicians responsible for the building. Through this study, it was found that in relation to costs, the use of the building system in structural masonry had its cost reduced by up to 31.37% compared to the same reinforced concrete project.

KEYWORDS: Viability. Structural masonry. Reinforced Concrete.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Hotel Excalibur em Las Vegas, Estados Unidos.	16
Figura 2- Edifício Central Parque da Lapa com 04 pavimentos.....	17
Figura 3- Edifício Central Parque da Lapa com 12 pavimentos.....	17
Figura 4- Modulação.	22
Figura 5- Bloco vazado de concreto simples.....	23
Figura 6- Bloco tipo canaleta, sendo canaleta, meia canaleta e J.....	23
Figura 7- Bloco compensador.	24
Figura 8- Amarração “L” utilizando blocos iguais.....	26
Figura 9- Amarração “T” utilizando bloco especial de três módulos.....	26
Figura 10- Amarração “T” sem utilizar bloco especial de três módulos.....	27
Figura 11- Amarração “L” utilizando blocos com largura diferente.....	27
Figura 12- Amarração “L” utilizando blocos com largura e modulação diferentes.....	28
Figura 13- Amarração “T” utilizando blocos com largura e modulação diferentes considerando uma das fiadas usando bloco especial de três módulos.....	28
Figura 14- Amarração “T” utilizando blocos com largura e modulação diferentes, sem utilizar bloco especial de três módulos.	29
Figura 15- Exemplos de formas para elementos em concreto armado.....	32
Figura 16- Edifício em concreto armado.....	33
Figura 17- Exemplo de fundações.....	34
Figura 18- Sequência executiva de estaca Hélice Contínua.....	34
Figura 19- Sapata isolada.	35
Figura 20- Exemplo de pilares.	36
Figura 21- Exemplo de vigas.....	36
Figura 22- Exemplo de laje maciça em fase de concretagem.....	37
Figura 23- Alvenaria de vedação.....	38
Figura 24- Encunhamento ou Fixação com tijolos.....	38
Figura 25- Condomínio Residencial Ilha Bela.	42
Figura 26 - Localização da edificação.....	43
Figura 27- Planta térreo.....	43
Figura 28- Condomínio Residencial Brasil Sul.....	44
Figura 29- Localização da edificação.....	44
Figura 30- Laje treliçada Residencial Brasil Sul (concreto armado).....	46

Figura 31-Tubulações em alvenaria estrutural.	47
Figura 32-Alvenaria estrutural no Residencial Ilha Bela.	48
Figura 33- Projeto elevação de parede e Alvenaria Estrutural.	48
Figura 34-Alvenaria convencional no Residencial Sul.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação e resistência dos blocos.	18
Tabela 2- Modulações mais comuns no Brasil.	25
Tabela 3- Dimensões nominais dos blocos.	25
Tabela 4- Porcentagem de economia aproximada, de acordo com as características da obra ao utilizar alvenaria estrutural em vez de estrutura em concreto armado.	40
Tabela 5 - Anexo III – Intervalo de valor de incidência dos serviços no orçamento - Recomendação.....	50
Tabela 6- Cronograma da construção em Alvenaria Estrutural.	51
Tabela 7- Orçamento da fundação em alvenaria estrutural.	52
Tabela 8- Orçamento da fundação em Concreto armado.	52
Tabela 9- Orçamento da alvenaria estrutural.....	53
Tabela 10- Orçamento de estrutura em concreto armado (pilares, vigas e paredes).	53
Tabela 11- Orçamento do revestimento para alvenaria estrutural.	54
Tabela 12- Orçamento do revestimento considerando concreto armado.	54
Tabela 13- Orçamento do revestimento considerando concreto armado.	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
PIB	Produto Interno Bruto
SINDUSCON – MG	Sindicato das Indústrias e Construção de Minas Gerais
NBR	Norma Brasileira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 METODOLOGIA	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL UTILIZANDO BLOCOS DE CONCRETO	15
2.1.1 Componentes de uma alvenaria estrutural.....	17
2.1.1.1 Unidades de alvenaria	18
2.1.1.2 Argamassa.....	19
2.1.1.3 Graute.....	20
2.1.1.4 Armaduras.....	20
2.1.2 Tipos de alvenaria estrutural	20
2.1.2.1 Alvenaria Estrutural não armada.....	21
2.1.2.2 Alvenaria Estrutural armada ou parcialmente armada.....	21
2.1.2.3 Alvenaria protendida.....	21
2.1.3 Principais aspectos quanto à modulação	21
2.1.4 Blocos e modulações mais comuns	23
2.1.5 Cantos e bordas	26
2.1.5.1 Módulo e largura iguais	26
2.1.5.2 Largura menor que o módulo.....	27
2.1.6 Principais pontos positivos e negativos do sistema.....	29
2.1.6.1 Pontos positivos	29
2.1.6.2 Pontos negativos	30
2.2 ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO.....	30
2.2.1 Concreto	30
2.2.2 Concreto Armado	31
2.2.3 Fôrmas	32

2.2.4	Elementos estruturais	32
2.2.4.1	Fundação	33
2.2.4.2	Pilares.....	35
2.2.4.3	Vigas	36
2.2.4.4	Lajes	37
2.2.4.5	Alvenaria de vedação	37
2.2.5	Principais pontos positivos e negativos do sistema.....	39
2.2.5.1	Pontos positivos	39
2.2.5.2	Pontos negativos	39
2.3.	COMPARATIVO DE CUSTOS	40
3	ESTUDO DE CASO	42
3.1	APRESENTAÇÃO DOS EDIFÍCIOS	42
3.1.1	Edifício construído utilizando o sistema de Alvenaria Estrutural.....	42
3.1.2	Edifício construído utilizando o sistema em Concreto Armado.....	44
3.2	PARTICULARIDADES ENTRE SISTEMAS.....	45
3.2.1	Fundação	45
3.2.2	Supraestrutura.....	46
3.2.3	Instalações elétricas	47
3.2.4	Instalações hidráulicas.....	47
3.2.5	Alvenaria	48
3.2.6	Revestimentos internos e externos	49
3.3	COMPARATIVOS ENTRE SISTEMAS	49
3.3.1	Cronograma de obras.....	50
3.3.2	Custos entre sistemas.....	51
3.3.2.1	Infraestrutura.....	52
3.3.2.2	Supraestrutura	53
3.3.2.3	Revestimento interno e externo.....	54
4	CONCLUSÃO.....	56
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização da Terra, o homem busca instalar-se de forma segura, edificando casas e espaços para a vida em sociedade. Com esse intuito, passaram a aplicar o conhecimento à invenção, aperfeiçoamento e utilização das técnicas para a melhoria da qualidade de vida, sendo esse o significado da palavra Engenharia.

Com o passar do tempo surgiram inúmeras alternativas para os sistemas construtivos, como por exemplo estruturas de concreto armado, sendo formado por vigas e pilares de concreto e vedação utilizando tijolos cerâmicos e alvenaria estrutural, formado por blocos de concreto ou cerâmicos, concreto e aço. A escolha entre as alternativas presentes no mercado é feita levando em consideração todos os fatores que incidem diretamente na construção civil.

Em 2009, foi lançado um programa pelo Governo Federal denominado Minha Casa, Minha Vida, com o intuito de subsidiar a aquisição da habitação para as famílias de baixa renda. Posteriormente, em 2020, o Governo Federal lançou um novo programa para substituir o Minha Casa, Minha Vida sendo denominado Casa Verde e Amarela. Além dos benefícios para quem quer adquirir um imóvel, o Programa é um grande impulsionador da economia, pois é capaz de gerar efeitos na produção, no emprego e na renda. Mas cabe ressaltar que não existe uma fonte inesgotável para financiar investimentos.

Após anos em consecutiva queda do setor, em 2019 o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) registrou uma alta de cerca de 3,2% nos investimentos no país, aumentando o Produto Interno Bruto (PIB) e levando a retomada do crescimento da construção civil no geral (CBIC, 2019).

Segundo Mohamad (2015), o aumento gradativo da concorrência no mercado tem influenciado no aumento dos níveis de exigência com enfoque na qualidade construtiva, com isso, as construtoras adotaram uma mudança nas estratégias com o intuito de possibilitar a introdução de melhorias na produção, utilizando possibilidades que levem à racionalização do processo. Sobre o aumento nos níveis de exigência, Melhado (1994) aponta que o impulso na qualidade industrial veio com a adoção de padrões mais rígidos de exigência.

Sendo assim, esse estudo busca demonstrar as principais características da alvenaria convencional e estrutural, com vistas a viabilizar uma análise comparativa dos métodos construtivos em relação a viabilidade técnico financeira.

1.1 JUSTIFICATIVA

Apesar da leve crescente nos índices econômicos voltados para o setor da construção, o mesmo encontra dificuldades para realizar investimentos mesmo contando com programas como o Casa Verde e Amarelo, onde o Governo Federal financia a construção de empreendimentos habitacionais e facilita a aquisição para famílias de baixa renda. Soma-se ainda a crescente concorrência e aumento nos níveis de exigências construtivas que impulsiona as construtoras a procurarem alternativas para que as construções sejam viáveis financeiramente e tecnicamente para si e para o consumidor final.

Dessa forma, a realização desse estudo se justificou pela necessidade de apresentar uma análise comparativa técnica e financeira dos processos construtivos mais usuais sendo, Alvenaria Estrutural e Estruturas em Concreto Armado, para viabilizar na escolha do sistema construtivo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Realizar análise comparativa entre os sistemas construtivos em Alvenaria Estrutural e Estruturas em Concreto Armado, tendo como estudo de caso uma edificação habitacional com 03 pavimentos na cidade de Anápolis-GO.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estudar e comparar os processos construtivos de Alvenaria Estrutural e Estruturas em Concreto Armado;
- Apresentar vantagens e desvantagens dos dois métodos;
- Analisar, através do estudo de caso, em relação ao custo e produtividade qual dos dois sistemas é mais viável.

1.3 METODOLOGIA

Trata-se de pesquisa classificada descritiva e qualitativa, pois tem o objetivo de comparar qual a opção mais viável para o objeto em estudo. Para concepção do estudo, foi

realizada uma pesquisa de natureza bibliográfica, para fundamentação do tema e um estudo de caso com base em duas edificações de 03 pavimentos, utilizando mesma planta e porte , em Anápolis – GO. Para tal, foram analisados os estudos de viabilidade financeira disponibilizados pela equipe técnica da obra em questão, assim como entrevista com os responsáveis técnicos pela edificação.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1 é apresentada a introdução, a justificativa da pesquisa, os objetivos gerais e específicos e a metodologia do trabalho referente ao tema proposto.

O capítulo 2 apresenta a revisão de literatura referente aos sistemas construtivos em alvenaria estrutural e para estruturas em concreto armado.

O capítulo 3 é referente ao estudo de caso com a análise comparativa realizada por uma construtora afim de escolher o sistema construtivo mais adequado para construção do empreendimento em Anápolis -GO.

O capítulo 4 é referente a consubstancia da análise a respectiva pesquisa com enfoque em apontar vantagens e desvantagens relacionadas a custo, produtividade e qualidade, levando em consideração o desempenho mínimo exigido por normas brasileiras para ambos os métodos construtivos.

No capítulo 5 estão expressas as conclusões alcançadas para esta pesquisa e sugestões para trabalhos posteriores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A construção civil está historicamente ligada ao desenvolvimento econômico brasileiro, com base nisso Santos *et al* (2005, apud CRISTELLI, 2010) dizem que:

Analisando historicamente os planos estratégicos de desenvolvimento do Brasil em relação às atividades industriais, denominadas políticas industriais, notam-se alguns picos de evolução, podendo ser citados os Planos de Metas, da segunda metade da década de 50 e o PND - Plano Nacional de Desenvolvimento na década de 70, que tiveram como foco de desenvolvimento o setor industrial e foram decisivos para o desenvolvimento e integração da indústria brasileira da época.

Nesse sentido, Senefonte (2007, apud CRISTELLI, 2010) relata que a incorporação do Brasil num contexto de economia globalizada levou a diversas alterações na sociedade, até mesmo à tecnologia empregada na construção civil. Desde a abertura econômica e a introdução de alianças comerciais, inseriu-se novas tecnologias de produtos e métodos construtivos na indústria da construção civil brasileira.

Fialho *et al* (2014) dizem que apesar do reconhecimento da relevância da construção civil para a economia, segundo Teixeira e Carvalho (2005) evidenciam que são poucos os estudos da área econômica sobre o setor. Assim, será apresentado neste capítulo, dois dos principais sistemas construtivos brasileiros, a Alvenaria estrutural e a Estrutura em Concreto Armado, como embasamento para análise técnica e econômica de ambos.

2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL UTILIZANDO BLOCOS DE CONCRETO

Moliterno (1995) define alvenaria como uma associação de materiais pétreos, naturais ou artificiais, ligados entre si utilizando argamassa. A alvenaria pode ser dividida em duas classes, a primeira delas são as alvenarias consideradas não estruturais ou de vedação e a segunda sendo alvenaria estruturais ou portantes.

Segundo Tauil e Nese (2010), na alvenaria estrutural não são utilizados vigas e pilares, pois as paredes irão receber e distribuir as cargas uniformemente até a fundação. Já Kerst (2018) define sendo um sistema racionalizado que possui função de vedação e estrutura. Sendo muitas vezes dispensado o uso de pilares e vigas.

Um dos símbolos da alvenaria estrutural moderna é o edifício Monadnock, construído de 1889 a 1891, em Chicago. Com base nos seus 65 metros fragmentados em 16 pavimentos, a

espessura das paredes na base tem 1,80 metros de espessura. Conforme Ramalho e Corrêa (2003) acreditam que, caso fosse dimensionado pelos procedimentos e materiais atuais, a espessura seria inferior a 30 centímetros.

No Brasil, a mais recente edificação em alvenaria estrutural que ultrapassou os 10 andares foi construída em Londrina-PR. O prédio atingiu 19 pavimentos. Neste sistema, o edifício mais alto do mundo é o hotel Excalibur (Figura 1), em Las Vegas, nos Estados Unidos, construído em 1990, e que tem 30 andares. (CIMENTO ITAMBÉ, 2016)

Figura 1- Hotel Excalibur em Las Vegas, Estados Unidos.



Fonte: AMRHEIN, 1998.

Parsekian, Hamid e Drysdale (2012) relataram, no Brasil as construções utilizando o sistema em alvenaria estrutural tiveram início tardio, na década de 1960. Ramalho e Corrêa (2003) relatam que os primeiros edifícios construídos em blocos de concreto no Brasil foram em São Paulo, denominado Conjunto Habitacional “Central Parque da Lapa”, conforme Figura 2, contendo apenas quatro pavimentos. Posteriormente, na década de 1970 foram iniciadas pesquisas e também o início da construção de edifícios mais altos, com 12 pavimentos em alvenaria armada de blocos de concreto no mesmo conjunto, conforme Figura 3.

Figura 2- Edifício Central Parque da Lapa com 04 pavimentos.



Fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO [s.d].

Figura 3- Edifício Central Parque da Lapa com 12 pavimentos.



Fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO [s.d].

Mesmo com essas construções utilizando o sistema em questão, somente no início dos anos 1990 foram desenvolvidas parcerias com Universidades-Empresas para a produção de materiais e equipamentos voltados para a alvenaria. (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012)

2.1.1 Componentes de uma alvenaria estrutural

Componente entende-se como algo que constitui um elemento que, por sua vez, irá constituir a estrutura. A NBR 16868-1 (ABNT, 2020) define componente como a menor parte constituinte dos elementos da estrutura. Sendo os principais o bloco, ligação utilizando

argamassa, graute e armadura. Já estrutura é definida pela mesma como parte da estrutura suficientemente elaborada da estrutura, sendo formada por pelo menos dois ou mais componentes anteriormente citados. Sendo exemplo de estrutura as paredes, pilares, cintas, vergas, etc.

2.1.1.1 Unidades de alvenaria

Como um dos componentes básicos de uma alvenaria estrutural, as unidades, são definidas por Ramalho e Corrêa, (2003) como a fração responsável pela definição das características resistentes da estrutura. Sendo mais utilizadas as unidades de concreto, unidades de cerâmica e unidades sílico-calcáreas.

Uma unidade é definida principalmente por três dimensões: altura, comprimento e largura. O comprimento e a largura fazem parte do módulo em planta e a altura define as elevações. Atualmente possuindo rigoroso controle de produção, com dimensões padronizadas e resistências pré-definidas conforme o local e as características da edificação.

Os blocos vazados de concreto são classificados conforme Tabela 01 e em:

- Classe A: para uso acima ou abaixo do nível do solo com função estrutural; (NBR 6136/2016)
- Classe B: para uso acima do solo com função estrutural; (NBR 6136/2016)
- Classe C: para uso acima do nível do solo com e sem função estrutural. A NBR 6136 (ABNT, 2016) delimita o uso com função estrutural sendo, blocos com largura de 90 mm para edificações de no máximo um pavimento. Largura de 115 mm pode ser usado para edificações de no máximo dois pavimentos. E por fim, com largura de 140 mm a 190 mm, para edificações de até cinco pavimentos.

Tabela 1- Classificação e resistência dos blocos.

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

a - Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias;

b - Blocos fabricados com agregado normal (ver definição na ABNT NBR 9935);

c - Blocos fabricados com agregado leve (ver definição na ABNT NBR 9935);

d - Ensaio facultativo.

2.1.1.2 Argamassa

As primeiras argamassas eram usadas para preencher fissuras e permitir assentamento uniforme das unidades de alvenaria. Podendo ser argilas, betume ou misturas de argila e palha. Ramalho e Corrêa (2003) definem argamassa por possuir funções básicas de solidarizar, transmitir e uniformizar as tensões entre as unidades de alvenarias, além de absorver pequenas deformações e prevenir a entrada de vento e de água nas edificações.

Mas com o avanço no desenvolvimento do cimento Portland no começo do século 19. A mistura de cimento Portland, areia, cal e água foi capaz de produzir uma argamassa muito mais forte que qualquer outra anteriormente utilizada.

O desempenho da argamassa está diretamente relacionado ao estado do material, sendo ele fresco ou endurecido. Quando no estado fresco, duas características são de maior relevância, a consistência e a trabalhabilidade, sendo assim, quando fresca ela apresenta maior trabalhabilidade que por sua vez facilita o assentamento dos blocos e o selamento das juntas evitando a infiltração de água. Em termos gerais, a trabalhabilidade representa a capacidade de espalhamento da argamassa e a facilidade no manuseio, enquanto a consistência representa a quão rígida ou mole ela está (KERST, 2018).

No estado endurecido, a argamassa deve assegurar a solidarização das unidades, com o intuito de transmitir de maneira uniforme os esforços e absorver pequenas deformações (KERST, 2018).

O objetivo principal da argamassa não é obter a maior capacidade de resistência à compressão. No entanto segundo Parsekyan, Hamid e Drysdale (2013), dentro da faixa de resistência adequada, um grande aumento na resistência à compressão da argamassa não traz significativas mudanças à compressão da alvenaria. Um aumento de 100% na capacidade de resistência à compressão da argamassa representa um aumento de 10% na capacidade de resistência à compressão da alvenaria.

Por conta da resistência do bloco ser superior à resistência da argamassa, o aumento da espessura para assentar um bloco pode reduzir a capacidade de resistência do sistema. Portanto, para garantir a resistência do projeto é preciso ter um controle acentuado ao assentamento para que as espessuras não sejam superiores ao limite permitido (KERST, 2018).

2.1.1.3 Graute

Conforme a NBR 16868-1 (2020) define, o graute é o componente disposto para o preenchimento de espaços vazios da alvenaria, com a finalidade de unir as armaduras à alvenaria ou aumentar sua capacidade resistente. A norma também define que a resistência característica a compressão deve ser especificada com o valor mínimo de 15 MPa.

O graute é um concreto com agregados miúdos, composto por areia, pedrisco, cimento e cal (TAUIL; NESE, 2010). Sendo as principais diferenças entre graute e o concreto são o alto *slump test* (20 a 25 cm) e elevada relação água/cimento (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012). Essa mistura fluída permite boa plasticidade e preenchimento completo dos vazados, e quando dosado da forma correta, baixa segregação.

Ramalho e Corrêa (2003) definem para que o conjunto bloco, armadura e graute eventualmente trabalhe de forma única, o graute deve aderir tanto nos blocos e nas armaduras. Por exemplo, o *slump test* de 20 centímetros é adequado para blocos de moderada absorção e espaços para grauteamento maiores, enquanto o *slump test* deverá ser considerado 25 centímetros ou para blocos de alta absorção e quando a área a ser grauteada é muito pequena (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2012).

2.1.1.4 Armaduras

As mesmas barras de aço utilizadas para a construção do sistema de alvenaria estrutural são utilizadas nas estruturas de concreto armado tanto que a NBR 16868-1 (2020) cita que a especificação do aço deve ser feita considerando a NBR 7480 (2007) Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. Uma vez que a principal diferença identificada entre os sistemas é que na alvenaria estrutural as armaduras serão sempre envoltas por graute. Há uma diferença a se considerar no caso das armaduras situada nas juntas das argamassas de assentamento.

2.1.2 Tipos de alvenaria estrutural

A Alvenaria estrutural pode ser fracionada em três tipos, sendo: alvenaria estrutural não armada, alvenaria estrutural armada ou parcialmente armada e alvenaria protendida.

2.1.2.1 Alvenaria Estrutural não armada

É um tipo de alvenaria estrutural que não recebe graute, mas os reforços de aço (barras, fios e telas) acabam sendo utilizados apenas por razões construtivas em aberturas e para evitar patologias futuras como trincas e fissuras (TAUIL; NESE, 2010). Kerst (2018) considera que pela concepção desse tipo de estrutura não permitir a existência de áreas tracionadas, sendo assim são normalmente aplicadas em edificações de pequeno porte.

2.1.2.2 Alvenaria Estrutural armada ou parcialmente armada

É um tipo de alvenaria que recebe reforços em algumas regiões, conforme exigências estruturais. Com a utilização de armaduras passivas de barras, fios e telas de aço dentro dos vazios dos blocos sendo posteriormente grauteados (TAUIL; NESE, 2010). A utilização da armadura permite a existência de zonas tracionadas no sistema de alvenaria estrutural, fornecendo a estrutura uma maior capacidade de carga, portanto sendo utilizada em edifícios de até 20 pavimentos conforme explicado por Kerst (2018).

2.1.2.3 Alvenaria protendida

É um tipo de alvenaria estrutural reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada) que sujeita a alvenaria a esforços de compressão. Em função dos materiais, dispositivos e mão de obra para a protensão ter um custo elevado considerado a outros tipos, ele é menos utilizado (TAUIL; NESE, 2010).

2.1.3 Principais aspectos quanto à modulação

Um dos aspectos mais importantes é a definição do bloco a ser utilizado. Mohamad (2015) menciona que a definição do tipo de unidade implica em aspectos técnicos relativos ao próprio projeto, à execução, aspectos econômicos e relativos ao desempenho durante a vida útil. Entretanto, um dos aspectos que incidem para a escolha do bloco, como exemplo, é a escolha da dimensão nominal que mais se adapte a arquitetura preestabelecida afim de ganho na racionalização do sistema.

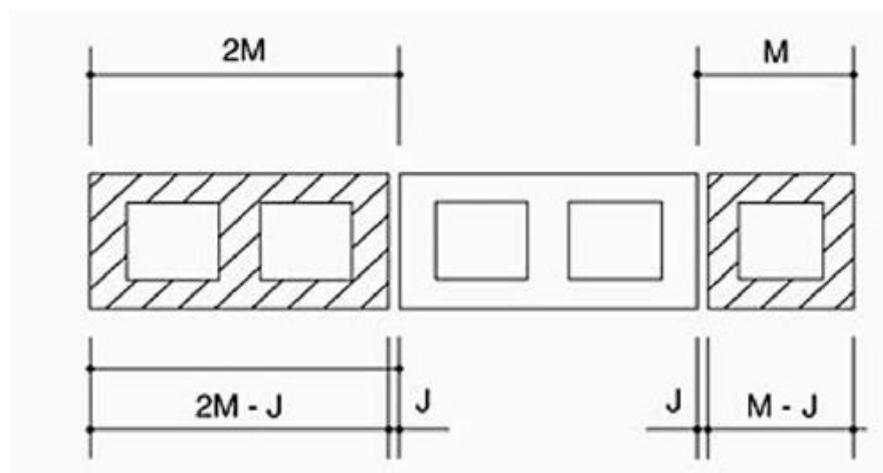
Levando em consideração os itens destacados, o princípio de maior relevância é o fato de que o comprimento é sempre múltiplo da largura, pois assim, como define Kerst (2018),

pode-se ter uma única dimensão padrão, o que facilita as amarrações entre as paredes. Entretanto, Ramalho e Corrêa (2003) explicam que caso esse detalhe não seja atendido, será necessário utilizar unidades especiais para a correta amarração das paredes, o que pode trazer algumas consequências desagradáveis para o arranjo estrutural.

Deste modo, é importante coordenar modularmente todas as unidades, com unidades pré-definidas para que a amarração das paredes seja simplificada para uma construção eficiente e econômica. Nesse assunto a coordenação modular é extremamente importante, Tauil e Nese (2010) explicam que coordenar modularmente é organizar e arranjar peças e componentes, de forma a atenderem a uma medida de base padronizada.

O módulo adotado, aqui chamado de M , conforme Tauil e Nese (2010), será de 200 milímetros, que é a menor medida modular inteira de referência. Esse módulo refere-se ao comprimento real do bloco mais a espessura de uma junta, chamado de “ J ”, conforme Figura 4 (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Figura 4- Modulação.



Fonte: RAMALHO E CORRÊA, 2003.

Conforme Ramalho e Corrêa (2003), uma obra que utiliza o sistema de alvenaria estrutural tende a ser racionalizada, caso apresente uma coordenação modular correta, lembrando que podem haver enchimentos ou pontos com peças sob condições especiais.

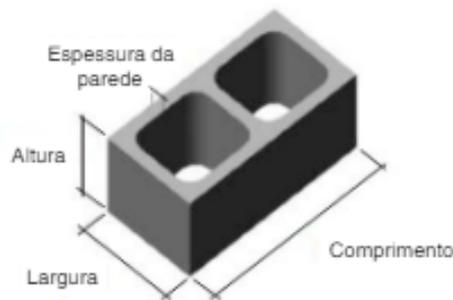
Para que seja explicado mais detalhado sobre a modulação, é importante conhecer mais os blocos usualmente utilizados na construção utilizando esse sistema e assim escolher o bloco com dimensão ou modulação que mais se adapte a arquitetura preestabelecida (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

2.1.4 Blocos e modulações mais comuns

Visando a redução de custos, Kerst (2018) explica que montando o arranjo arquitetônico com base na dimensão nominal dos blocos poderá, além de atingir a redução de custos, evitar ajustes nas paredes.

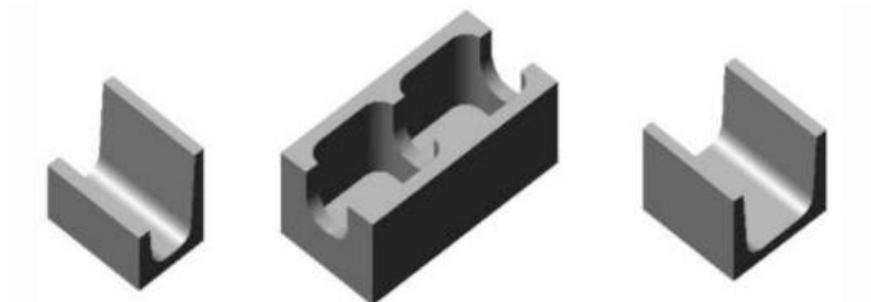
A NBR 6136 (ABNT, 2016) é voltada para blocos de concreto simples, ela distingue três tipos de blocos sendo: bloco vazado de concreto simples (Figura 5), bloco tipo canaleta (Figura 6) e bloco compensador (Figura 7). O bloco vazado é definido pela mesma como sendo um componente da alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior. O bloco tipo canaleta é definido pela norma como sendo vazado ou não, com conformação geométrica criado para racionalizar a execução de vergas, contra vergas e cintas. Por último o bloco compensador é utilizado para ajustes quanto a modulação.

Figura 5- Bloco vazado de concreto simples.



Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2016).

Figura 6- Bloco tipo canaleta, sendo canaleta, meia canaleta e J.



Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2016).

Figura 7- Bloco compensador.



Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2016).

Conforme citado pela NBR 6136 (ABNT, 2016) e por Kerst (2018), há dois tipos de dimensões para o entendimento da coordenação modular. Primeiro é a dimensão nominal, que conforme a NBR 6136 (ABNT, 2016) define sendo a dimensão, sem considerar a espessura das juntas, dos blocos a serem utilizados. A segunda é a dimensão modular, que são as dimensões dos blocos acrescentando a espessura da metade das juntas de ambos os lados, atendendo assim ao módulo básico. Como por exemplo nos blocos da família de 14 cm x 29 cm, esse valor correspondendo à dimensão nominal, ou seja, a dimensão do bloco. Entretanto, a dimensão modular será 15 cm x 30 cm, que é a dimensão do bloco com adição de juntas de 1 centímetro entre as unidades. Portanto, é interessante que as dimensões internas dos ambientes sejam múltiplas de 15 cm utilizando essa família (KERST, 2018). Alternativamente, Parsekian, Hamid e Drysdale (2012), explicam que existe o bloco padrão de 14 cm x 39 cm cujas dimensões modulares em planta são múltiplas de 20 centímetros. Também mencionando a possível utilização de blocos de ajustes ou compensadores, com dimensões múltiplas de 5 centímetros, porém recomendando somente para vãos de portas. As Tabelas 02 e 03 apresentam os blocos mais utilizados no Brasil e, respectivamente, as dimensões nominais comerciais dos blocos.

Os vãos de portas e janelas também precisam ser destacados. Conforme Parsekian, Hamid e Drysdale (2012), a escolha do vão é de acordo com a família dos blocos escolhida. Adotando a família com dimensão modular de 15 cm x 40 cm, a escolha da dimensão horizontal e vertical devem ser com múltiplos de 20 centímetros, como por exemplo 60 cm, 100 cm, 120 cm, 160 cm. Em alguns casos, na maioria das vezes sendo nas portas, não será possível essa modulação, portanto, utiliza-se blocos compensadores para o ajuste.

Tabela 2- Modulações mais comuns no Brasil.

Dimensão modular	Dimensão nominal	Dimensão dos vãos no projeto
15 x 30	14 x 29	Todos múltiplos de 15 cm
20 x 40	19 x 39	Todos múltiplos de 20 cm
15 x 40	14 x 39	Em geral, múltiplos de 20 cm

Fonte: PARSEKIAN, HAMID E DRYSDALE (2012) *apud* KERST (2018).

Tabela 3- Dimensões nominais dos blocos.

Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Medida Nominal - mm	Largura	190	140		115			90		65	
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
		Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2016).

2.1.5 Cantos e bordas

2.1.5.1 Módulo e largura iguais

Com base nos blocos de concreto mais usuais no Brasil, conforme Tabela 2, um detalhe que gera dúvidas é quanto aos cantos e as bordas. Portanto, neste tópico será apresentado detalhes de amarrações em “L” e amarrações em “T” quando o módulo adotado é igual à largura do bloco, podendo ser para qualquer tipo de modulação utilizada, como por exemplo 12, 15 ou 20 cm.

Conforme Ramalho e Corrêa (2003) demonstram que sempre que for possível adotar blocos de três módulos (3M), é interessante fazê-lo pois serão necessárias apenas duas fiadas para esclarecer completamente o detalhe de acordo com Figuras 8 e 9. Pensando nisso, quando não há a possibilidade de utilizar blocos de três módulos, principalmente em bordas, serão necessários quatro fiadas conforme apresentado na Figura 10 (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Figura 8- Amarração “L” utilizando blocos iguais.



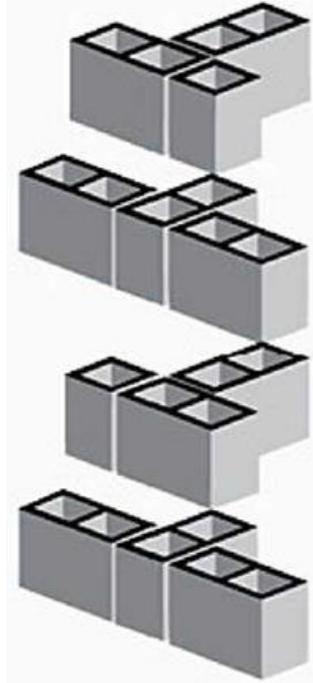
Fonte: RAMALHO E CORRÊA, 2003.

Figura 9- Amarração “T” utilizando bloco especial de três módulos.



Fonte: RAMALHO E CORRÊA, 2003.

Figura 10- Amarração “T” sem utilizar bloco especial de três módulos.



Fonte: RAMALHO E CORRÊA, 2003.

2.1.5.2 Largura menor que o módulo

Caso não possa ser utilizado blocos com mesma largura, haverá a necessidade de adotar blocos especiais para cantos e bordas. Para exemplificar, conforme apresenta Figura 11 esquema com as fiadas de canto sem a utilização de blocos especiais e, conforme Ramalho e Corrêa (2003) apresenta que a solução é completamente inadequada, tanto em relação à continuação das fiadas quanto a mau posicionamento dos septos.

Figura 11- Amarração “L” utilizando blocos com largura diferente.

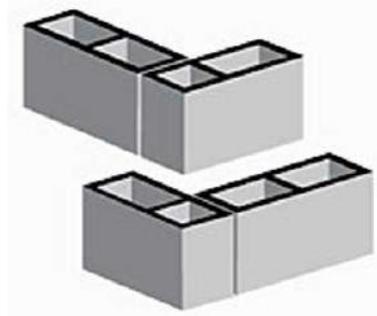


Fonte: RAMALHO E CORRÊA, 2003.

Portanto, para a solução de cantos com módulo e largura diferentes, é fundamental a utilização de bloco especial no qual um dos furos é adaptado para a dimensão e largura do

bloco, enquanto o outro furo será em dimensões normais (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Como exemplo, com base na Tabela 02, utilizando o bloco com módulo de 20 centímetros e largura de 15 centímetros (bloco M-15), o bloco especial para a amarração teria 35 centímetros (dimensão nominal do bloco de 340 milímetros ou 34 centímetros) de comprimento. A correta amarração será possível somente utilizando esse tipo de bloco conforme na Figura 12.

Figura 12- Amarração “L” utilizando blocos com largura e modulação diferentes.



Fonte: RAMALHO E CORRÊA, 2003.

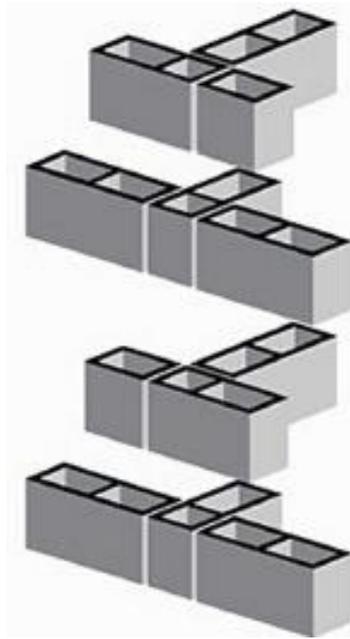
A solução para as bordas também pode ser resolvida utilizando os blocos com comprimento de 35 centímetros. Entretanto, outra possibilidade será utilizando blocos maiores de três módulos, ou seja, três furos. Esse bloco especial deve conter furos nas extremidades com as dimensões normais e o furo do meio será adaptado para a largura dos blocos onde irá ocorrer a amarração. Porém, esse tipo de bloco tem desvantagens, como exemplo o preço por ser mais caro e o manuseio para a instalação por ser bem mais pesado. Como exemplo o bloco da especificação M-15 tem comprimento de 55 centímetros conforme na Figura 13 e 14 (RAMALHO; CORREA, 2003) .

Figura 13- Amarração “T” utilizando blocos com largura e modulação diferentes considerando uma das fiadas usando bloco especial de três módulos.



Fonte: RAMALHO E CORRÊA, 2003.

Figura 14- Amarração “T” utilizando blocos com largura e modulação diferentes, sem utilizar bloco especial de três módulos.



Fonte: RAMALHO E CORRÊA, 2003.

2.1.6 Principais pontos positivos e negativos do sistema

2.1.6.1 Pontos positivos

Conforme Ramalho e Corrêa (2003), os principais tópicos positivos, em ordem decrescente de importância pela escolha do sistema de alvenaria estrutural, são:

- Economia de formas;
- Redução significativa nos revestimentos (reboco);
- Redução nos desperdícios de mão de obra material;
- Redução do número de especialidades como armadores e carpinteiros;
- Flexibilidade no ritmo de execução da obra por conta de tempo de cura do concreto.

Ramalho e Corrêa (2003) determinam que em termos gerais, a principal vantagem da utilização da alvenaria estrutural consiste numa maior racionalidade, reduzindo o consumo de materiais e desperdícios.

2.1.6.2 Pontos negativos

Conforme Ramalho e Corrêa (2003), os principais aspectos negativos, em ordem decrescente de importância são:

- Dificuldade de adaptar a arquitetura para um novo uso por parte das paredes serem estruturais;
- Interferência entre projetos de arquitetura / estruturas / instalações ser muito grande;
- Necessidade de uma mão-de-obra bem qualificada.

Ramalho e Corrêa (2003) ressaltam a impossibilidade de se efetuar modificações na disposição arquitetônica original pelas paredes serem portantes. Os autores ainda destacam que essa limitação é um fator que possa dificultar as vendas e até mesmo comprometer a segurança de uma edificação durante a sua vida útil.

2.2 ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO

Os materiais inicialmente utilizados nas construções foram a madeira e a pedra natural, sendo o aço e o ferro utilizados séculos depois. Contudo, o concreto armado surgiu mais recentemente, por volta do ano de 1850. São consideradas duas características básicas para um material de construção ser considerado bom, sendo: durabilidade e resistência (BASTOS, 2006).

Segundo Graeff (2007) nas primeiras décadas do século XX, quando se iniciou a utilização em grande escala do concreto armado na construção civil, acreditava-se que este seria um material de alta durabilidade, que praticamente não demandaria reparos para atingir uma vida útil elevada. Essa noção não era de todo errônea. De fato, se reconhece que, se adequadamente dosado e executado, o concreto armado apresenta uma durabilidade considerável, comparada a outros materiais de construção, quando exposto a ambientes pouco agressivos.

2.2.1 Concreto

O concreto conforme Neville e Brooks (2010), no sentido mais amplo, é qualquer produto ou massa produzido a partir do uso de um meio cimentante. E Araújo (2014) define o

concreto sendo o material resultante da mistura dos agregados (naturais e britados) com cimento e água. E, segundo Coelho (2008), o cimento é um composto químico seco, finamente moído, que, se misturado com água, reage lentamente, gerando um novo composto, desta vez, sólido.

Araújo (2014) ressalta ainda que caso seja necessário, pode ser acrescentado aditivos químicos (retardadores ou aceleradores de pega, plastificantes e super plastificantes, etc.) e adições minerais que melhoram as características do concreto fresco ou endurecido.

Conforme Coelho (2008), a utilização deste composto é bastante abrangente, pois sua presença engloba desde a mais simples união de tijolos ou blocos aos mais sofisticados usos como habitações, pré-fabricados, pavimentações, etc.

2.2.2 Concreto Armado

Segundo Bastos (2006) o concreto apresenta alta resistência às tensões de compressão, contudo, a sua resistência à tração é cerca de 10 % da sua resistência às tensões de compressão. Assim sendo, é necessário juntar o concreto a um material com alta resistência à tração, para que este material resista às tensões de tração. Com a junção do concreto com a armadura, surge então o denominado “concreto armado”, onde o concreto resiste as tensões de compressão e as barras de aço resistem as tensões de tração.

A essência do concreto armado se dá pela aderência entre o aço, existem nervuras no aço para que essa aderência seja maior, e o concreto, nesse sentido Fernandes (2006) diz que uma das principais recompensas da aderência para o concreto armado é assegurar uma boa capacidade de utilização da estrutura, através da redução de fissuras e uma melhor disposição dessas ao longo da peça, assim podendo evitar rupturas localizadas e flechas excessivas.

A respeito da utilização do concreto armado, Giongo (2007) explica que o concreto é um material que se adapta a qualquer forma estrutural atendendo, por conta da sua fluidez, portanto, se adequando a variadas concepções arquitetônicas, como atestam as edificações existentes no país. Podendo ser citados como exemplos os notáveis edifícios públicos construídos em concreto armado na cidade de Brasília, nos quais os arquitetos Oscar Niemeyer e Lúcio Costa tiveram suas concepções arquitetônicas atendidas com projetos estruturais compatíveis.

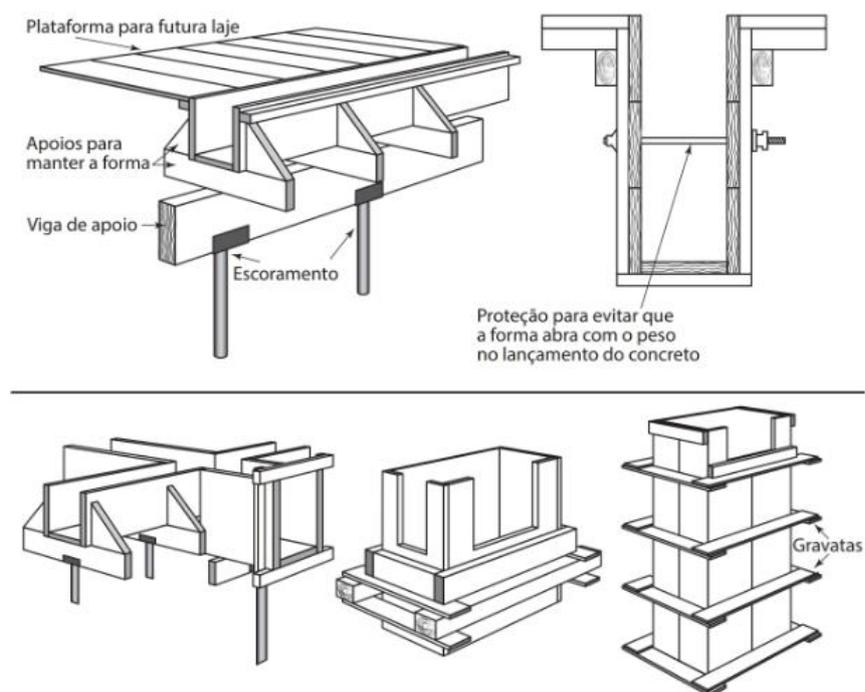
2.2.3 Fôrmas

Segundo Botelho e Ferraz (2018), a fôrma é um equipamento e não um material de consumo, usado provisoriamente para dar forma ao concreto, enquanto ele está mole conforme a Figura 15. O mesmo autor ainda ressalta que o custo da fôrma, material e mão de obra, pode representar 40% do custo total da estrutura de concreto pronto.

Botelho e Ferraz (2018) ressaltam que hoje, as fôrmas mais comuns e mais baratas são:

- Chapas de madeiras compensadas e resinadas;
- Chapas de madeiras plastificadas.

Figura 15- Exemplos de formas para elementos em concreto armado.



Fonte: BOTELHO E FERRAZ, 2018.

2.2.4 Elementos estruturais

Ainda segundo Giongo (2007) nos edifícios habituais de concreto armado, os elementos estruturais que formam o sistema estrutura, são compostos pelas lajes, vigas e pilares ou a junção destes elementos, as escadas, por exemplo, são formadas por lajes e vigas. Os pilares, junto ao nível do terreno ou abaixo dele se houver subsolo, são sustentados pela fundação para transferir as ações para o solo.

Em se tratando dos elementos das construções, Bastos (2006) destaca ainda que:

Nas construções de concreto armado, sejam elas de pequeno ou de grande porte, três elementos estruturais são bastante comuns: as lajes, as vigas e os pilares. Por isso, esses são os elementos estruturais mais importantes. Outros elementos, que podem não ocorrer em todas as construções, são: blocos e sapatas de fundação, estacas, tubulões, consolos, vigas-parede, tirantes, etc.

Os edifícios elaborados com base no sistema em concreto armado muitas vezes possuem a denominação de edifícios convencionais ou tradicionais, isto, aqueles elaborados com uma estrutura de pilares, vigas e lajes de concreto armado moldados no local conforme apresentado na Figura 16 (BARROS; MELHADO, 1998).

Figura 16- Edifício em concreto armado.

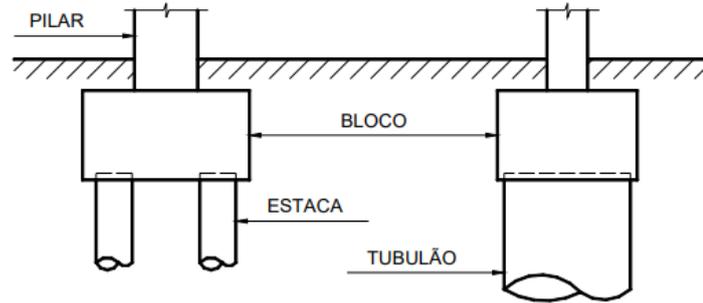


Fonte: BASTOS, 2006.

2.2.4.1 Fundação

É imprescindível citar os tipos mais comuns de fundação feitos em concreto armado, sendo os blocos, estacas e sapatas, assim Barros (2006) diz que, os blocos de fundação são utilizados para receber as forças dos pilares e transferi-las ao solo, diretamente ou através de estacas ou tubulões. Estacas são elementos designados a transferir as forças ao solo, por meio do atrito ao longo da superfície de contato e pelo apoio da ponta inferior (resistência de ponta) no solo. Os blocos sobre estacas podem ser para teoricamente para n estacas. A Figura 17 exemplifica a fundação com bloco e estacas ou tubulão.

Figura 17- Exemplo de fundações.

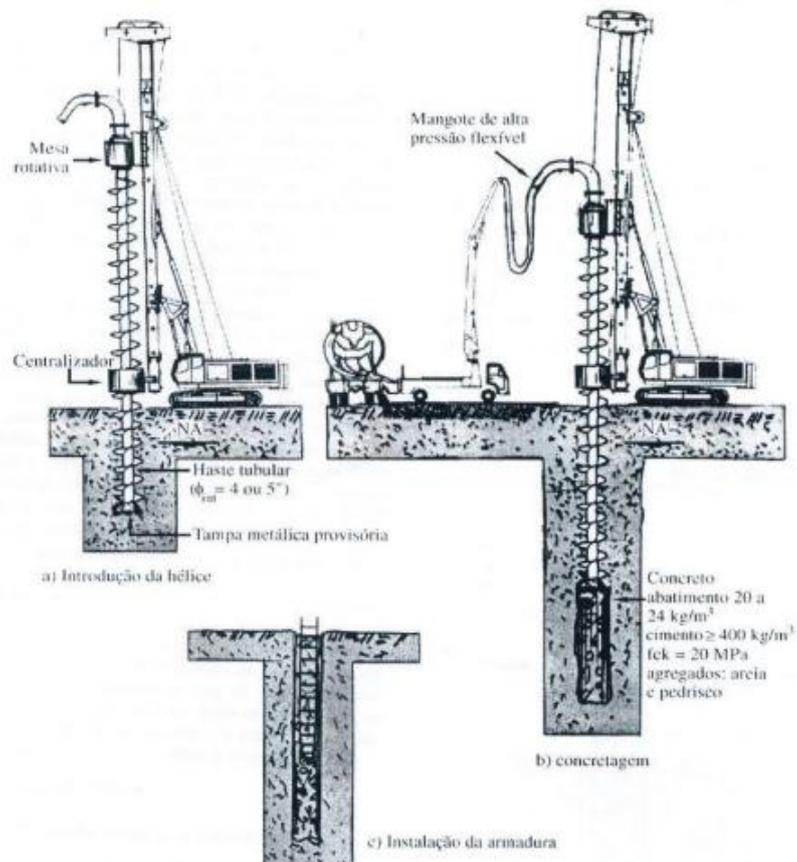


Fonte: BASTOS, 2006.

A respeito das estacas, tem-se a estaca em Hélice contínua que é concretada e moldada “*in-loco*”, sendo escavada por meio de trato contínuo do tipo Hélice. Sendo realizada a concretagem destas estacas por meio de bombeamento de concreto sob pressão, através da haste central sendo simultaneamente à sua retirada solo (ALMEIDA NETO, 2002).

A Figura 18 representa a sequência executiva da estaca em Hélice contínua desde a escavação até a instalação das armaduras.

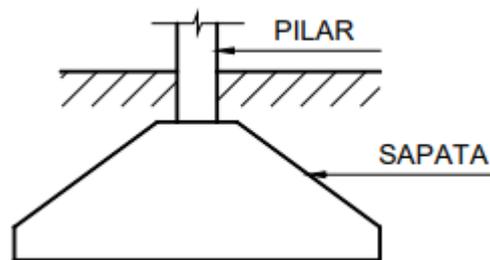
Figura 18- Sequência executiva de estaca Hélice Contínua.



Fonte: ALONSO, 1998.

Já a respeito das sapatas, Barros (2006) diz que as mesmas recebem as forças dos pilares e as transferem diretamente ao solo conforme Figura 19. Podendo ser localizadas ou isoladas, conjuntas ou corridas. As sapatas isoladas servem de apoio para apenas um pilar. O autor diz ainda que as sapatas conjuntas servem para a transferência simultânea do carregamento de dois ou mais pilares e as sapatas corridas são denominadas assim pois são utilizadas ao longo de todo o comprimento do elemento que lhe aplica o carregamento, geralmente paredes de alvenaria ou de concreto.

Figura 19- Sapata isolada.



Fonte: BASTOS, 2006.

2.2.4.2 Pilares

A NBR 6118 (ABNT, 2014) define pilares como sendo elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes. A esse respeito, Barros (2006) os classifica como elementos destinados a transmitir as forças às fundações, apesar de que possam também transmitir para outros elementos de apoio. As forças são oriundas geralmente das vigas e também podendo ser das lajes.

Ainda conforme o autor Barros (2006), os pilares são os elementos estruturais de maior importância nas estruturas, considerando tanto com a perspectiva de observação da capacidade resistente dos edifícios e também no aspecto de segurança. Além da transmissão das forças verticais para os elementos de fundação, os pilares atuam também na parte do sistema de contraventamento responsável por garantir a estabilidade global dos edifícios às forças verticais e horizontais. A Figura 20 exemplifica pilares recém concretados.

Figura 20- Exemplo de pilares.



Fonte: Autor, 2020.

2.2.4.3 Vigas

Para caracterizar as vigas, a NBR 6118 (ABNT, 2014) define que, em hipóteses básicas, as vigas são elementos lineares em que a flexão é dominante. Sendo elas classificadas como barras, sendo normalmente retas e horizontais, destinadas a receber forças atuantes das lajes, de outras vigas, de paredes de alvenaria, e por ventura de pilares, etc. A função das vigas é essencialmente vencer vãos e transmitir as forças nelas atuantes para os apoios, geralmente os pilares. As forças são normalmente perpendicularmente ao seu eixo longitudinal, podendo ser concentradas ou distribuídas. Sendo capaz ainda de receber forças normais de compressão ou de tração, na direção do eixo longitudinal. As vigas, assim como as lajes e os pilares, também fazem parte da estrutura de contraventamento responsável por conceder a estabilidade global dos edifícios às ações verticais e horizontais, sendo exemplificado conforme na Figura 21.

Figura 21- Exemplo de vigas.



Fonte: BASTOS, 2006.

2.2.4.4 Lajes

A respeito das lajes, Barros (2006) diz que são os elementos planos que se destinam a receber a maior parte das forças atuantes empregadas numa construção, como de móveis, paredes, pessoas, pisos, e os mais variados tipos de forças atuantes que podem existir em função do propósito arquitetônico do espaço físico que a laje faz parte, conforme Figura 22. As forças atuantes são comumente perpendiculares ao plano da laje, podendo ser divididas em: distribuídas na área (peso próprio, revestimento de piso, etc.), distribuídas linearmente (paredes) ou forças concentradas (pilar apoiado sobre a laje). As forças atuantes são geralmente propagadas para as vigas de apoio nas extremidades da laje, mas eventualmente também podem ser propagadas diretamente aos pilares.

Figura 22- Exemplo de laje maciça em fase de concretagem.



Fonte: Autor, 2020.

2.2.4.5 Alvenaria de vedação

Alvenaria de vedação é parte constituinte do sistema em Concreto Armado. São paredes de tijolo ou blocos cerâmicos (Figura 23), ou blocos de concreto, sendo vazados ou maciços, assentados com argamassa destinadas a compartimentar espaços, preenchendo os vãos da estrutura em concreto armado ou afins, com a função de suportar seu próprio peso e cargas de utilização (THOMAZ, *et al*, 2009).

O Código de Práticas de ITP, Thomaz *et al* (2009) recomenda que utilize sempre as argamassas mistas, sendo compostas por cimento e cal hidratada, industrializada ou preparada em obra, conforme requisitos da norma NBR 13281 (ABNT, 2005). Quando for utilizada a argamassa preparada em obra, evitar utilizar cimento de alto forno (CP-III) ou pozolânico (CP IV), pois a argamassa poderá ter elevada retração caso não haja a correta e devida hidratação.

A Figura 23 exemplifica uma parede de alvenaria de vedação composta por blocos cerâmicos e argamassa.

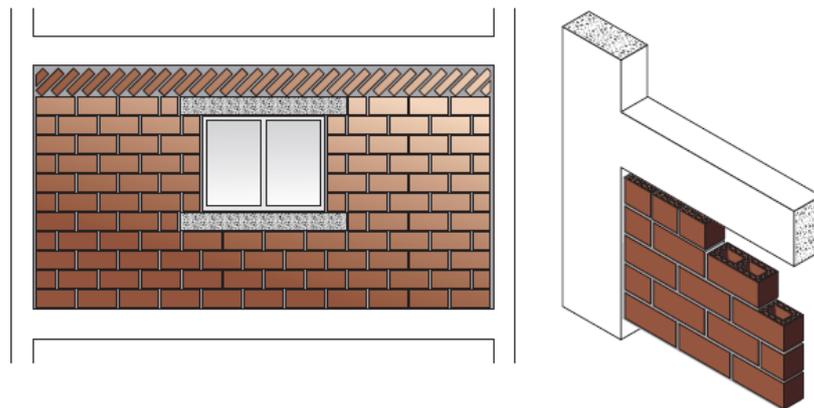
Figura 23- Alvenaria de vedação



Fonte: THOMAZ, *et al*, 2009.

Por conta da deformação das vigas e lajes, é realizada o encunhamento ou fixação de alvenaria, que é a criação de uma espécie de “colchão deformável”, com o intuito de amortecer tais deformações que seriam transmitidas para as paredes conforme a Figura 24 (THOMAZ, *et al*, 2009).

Figura 24- Encunhamento ou Fixação com tijolos.



Fonte: THOMAZ, *et al*, 2009.

Outro material que pode ser utilizado é o poliuretano expandido, sendo mais indicado a utilização por serem mais flexíveis quando se tem estruturas muito deformáveis, paredes extensas ou com várias aberturas enfraquecendo-a (THOMAZ, *et al*, 2009).

Por conta da deformação das vigas, recomenda-se o retardamento do encunhamento após a elevação das paredes. Após certo prazo posteriormente à elevação, poderá ser realizado o encunhamento em pavimentos de forma alternada com o intuito de abrir frentes de trabalho, com isso pode ser realizado o encunhamento de dois pavimentos desde que o próximo não seja feito (THOMAZ, *et al*, 2009).

2.2.5 Principais pontos positivos e negativos do sistema

2.2.5.1 Pontos positivos

Em função das características da utilização do sistema de estruturas em concreto armado, destaca-se os aspectos positivos, conforme Bastos (2006), como por exemplo:

- Economia: componentes facilmente encontrados e com relativo baixo custo;
- Conservação: em geral, o concreto armado apresenta boa durabilidade;
- Adaptabilidade: favorece à arquitetura pela sua fácil adaptabilidade;
- Rapidez de construção: recobrimento e execução são moderadamente rápidos;
- Segurança contra fogo;
- Impermeabilidade;
- Resistência a choques e vibrações.

2.2.5.2 Pontos negativos

Em função das características da utilização do sistema de estruturas em concreto armado, destaca-se os aspectos negativos, conforme Bastos (2006), como por exemplo:

- Peso próprio elevado, relativamente à resistência;
- Adaptações e reformas são de difícil execução;
- Fissuração;
- Transmite som e calor.

2.3. COMPARATIVO DE CUSTOS

Segundo Silva (2002) alguns autores como Araújo (1995), Campos (1993) e Sánchez (1994) realizaram a comparação de custos entre o sistema construtivo em alvenaria estrutural e o sistema construtivo em concreto armado, mas nas bibliografias pesquisadas nenhum autor realizou tal comparação por meio de apropriações realizadas em obra.

Silva (2002) diz ainda que trabalhos sobre a comparação de custos entre diferentes sistemas construtivos são dificultados devido ao setor não produzir um produto único e padronizado. O mesmo autor ainda exemplifica que para cada obra há um projeto específico composto de materiais adequados a realidade deste projeto. O autor continua explicando que além das diferenças de projeto, ainda existem também as diferenças nos tipos de obras, nos tamanhos, no padrão de acabamento, na velocidade de construção e entre outros detalhes.

Silva (2002) ainda afirma que em geral os autores pesquisados atribuem grande vantagem econômica as obras realizadas em alvenaria estrutural comparadas com as realizadas em concreto armado. A Tabela 04 demonstra as porcentagens de economia aproximadas conforme características da obra.

Com base na Tabela 04, Mohamad (2005) afirma que os vários programas de apoio à construção de habitações populares para baixa renda, de até quatro pavimentos, têm levado as construtoras a adotarem o sistema construtivo em alvenaria estrutural como método construtivo adequado.

Tabela 4- Porcentagem de economia aproximada, de acordo com as características da obra ao utilizar alvenaria estrutural em vez de estrutura em concreto armado.

Características da obra	Economia
Quatro pavimentos	25% - 30%
Sete pavimentos sem pilotis, com alvenaria não armada	20% - 25%
Sete pavimentos sem pilotis, com alvenaria armada	15% - 20%
Sete pavimentos com pilotis	12% - 20%
Doze pavimentos sem pilotis	10% - 15%
Doze pavimentos com pilotis, térreo e subsolo em concreto armado	8% - 12%
Dezoito pavimentos com pilotis, térreo e subsolo em concreto armado	4% - 6%

Fonte: WENDLER, 2005 *apud* MOHAMAD, 2015.

Wendler (1999 *apud* SILVA, 2002) indica que os principais fatores que promovem esta economia são:

- A redução dos revestimentos por conta de não necessitar do reboco na parte interna da edificação;
- A redução de formas que contribuem significativamente para o custo do sistema em concreto armado;
- A redução do número de especialidades de mão-de-obra.

3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado com base na construção de um Edifício de 03 (três) pavimentos, sendo 02 (dois) apartamentos por pavimento completando ao todo 06 (seis) apartamentos. O projeto arquitetônico foi contratado pela Melo Borges Construtora, que construiu utilizando o sistema construtivo em Alvenaria Estrutural. Outra empresa, denominada TBC Construtora, utilizou o mesmo projeto arquitetônico, mas construiu utilizando o sistema construtivo em Concreto Armado.

3.1 APRESENTAÇÃO DOS EDIFÍCIOS

3.1.1 Edifício construído utilizando o sistema de Alvenaria Estrutural

O Residencial Ilha Bela consiste em um edifício com 03 (três) pavimentos, conforme Figura 25. Cada pavimento tem 02 apartamentos de 49 m² com garagem compartilhada. O Condomínio Residencial é composto por 05 (cinco) edificações similares, denominados Ilha bela I, Ilha bela II, Ilha Bela III, Ilha bela IV e Ilha bela V, construídos utilizando o sistema de alvenaria estrutural.

Figura 25- Condomínio Residencial Ilha Bela.



Fonte: Cedido pela Melo Borges Construtora e Incorporadora, 2020.

A obra é situada na Rua 04, Lt.06 ao 10, zona urbana, Anápolis, Goiás, conforme Figura 26.

3.1.2 Edifício construído utilizando o sistema em Concreto Armado

O Residencial Brasil Sul foi executado em 2019 utilizando o mesmo projeto arquitetônico do Residencial Ilha Bela, portanto, a planta baixa segue a mesma conforme apresentado na Figura 27. A diferença entre ambos é o sistema construtivo, sendo o Residencial Brasil Sul construído em Concreto Armado. A Figura 28 representa a renderização do empreendimento para documento de propaganda.

Figura 28- Condomínio Residencial Brasil Sul.



Fonte: Cedido pela imobiliária Oliveira Borges, 2020.

O empreendimento está localizado na Rua JM-41, Qd. 70, lote 25, Jamil Miguel, em Anápolis, Goiás, conforme Figura 29.

Figura 29- Localização da edificação.



Fonte: Google Maps, 2020.

3.2 PARTICULARIDADES ENTRE SISTEMAS

3.2.1 Fundação

O projeto de arquitetura e o estrutural do edifício em exemplo foram fornecidos pela Melo Borges Construtora e Incorporadora. Deve-se levar em consideração que o fator localização influencia na fundação, devido a característica do solo do local da construção e também pela carga da edificação a ser transmitida ao solo.

Para a edificação construída em Alvenaria Estrutural foram realizadas estacas tipo hélice contínua monitorada, sendo:

- 02 (duas) estacas de 30 centímetros de diâmetro com 04 metros de profundidade;
- 10 (dez) estacas de 30 centímetros de diâmetro com 09 metros de profundidade;
- 12 (doze) estacas de 40 centímetros de diâmetro com 09 metros de profundidade, sendo que duas estacas estão com bloco de coroamento 70 cm x 70 cm e 45 cm de profundidade.

Todas as estacas foram interligadas através de 96,07 metros lineares de vigas baldrame com seção transversal, divididos nas seguintes seções e comprimentos:

- Viga baldrame com seção transversal 14 cm x 30 cm e comprimento total de 9,10 metros;
- Viga baldrame com seção transversal 14 cm x 45 cm e comprimento total de 86,97 metros;

Na edificação com Estrutura em Concreto Armado, a fundação também foi executada com estacas tipo hélice contínua monitorada, porém com dimensões diferentes do outro projeto, devido a característica do solo do local e das cargas a serem distribuídas ao solo. Tem-se:

- 04 (quatro) estacas de 30 centímetros de diâmetro com 07 metros de profundidade;
- 23 (vinte e três) estacas de 30 centímetros de diâmetro com 10 metros de profundidade;
- 01 (um) bloco de coroamento 150 cm x 60 cm e 40 cm de profundidade;
- 01 (um) bloco de coroamento 150 cm x 60 cm e 45 cm de profundidade;

- 23 (vinte e três) blocos de coroamento 60 cm x 60 cm e 50 cm de profundidade;

Todas as estacas foram interligadas através de 96,07 metros lineares de vigas baldrame com seção transversal de 13 cm x 30 cm.

3.2.2 Supraestrutura

Após a execução da fundação, o próximo passo é a execução da estrutura do edifício. Na construção em Alvenaria Estrutural, é realizado inicialmente verificação do nível da laje e marcação da 1ª fiada, sendo a mais demorada por conta de ser a fiada que irá guiar toda a parede. Os blocos utilizados têm F_{bk} (Resistência característica à compressão do bloco) de 4 MPa desde o térreo até a cobertura com dimensão modular de 15 cm x 40 cm. A argamassa para assentamento com F_{ak} (Resistência característica à compressão da argamassa) de 2,4 MPa a 2,8 Mpa. Graute com F_{gk} (Resistência característica à compressão do graute) de 15 MPa.

No sistema de concreto armado, iniciou-se pela execução dos pilares (fôrma, armação e concretagem), vigas (forma, armação e concretagem) e alvenaria respectivamente. No concreto armado o encunhamento da alvenaria é feito posteriormente, sendo feito no sentido superior para a parte inferior do edificio por conta de eventuais deslocamentos da viga (ABNT NBR 6118, 2014). Todo o concreto utilizado nas vigas e pilares foi de F_{ck} 30 MPa.

A laje considera em ambos os sistemas foi a laje treliçada com enchimento de EPS, sendo que na estrutura em concreto armado a laje foi concretada juntamente com a viga, apresentado na Figura 30. Na Alvenaria Estrutural a laje foi concretada posteriormente, de forma isolada, sendo realizado o grauteamento das canaletas de concreto anteriormente à concretagem da laje.

Figura 30- Laje treliçada Residencial Brasil Sul (concreto armado).



Fonte: Cedido pela TBC Construtora, 2019.

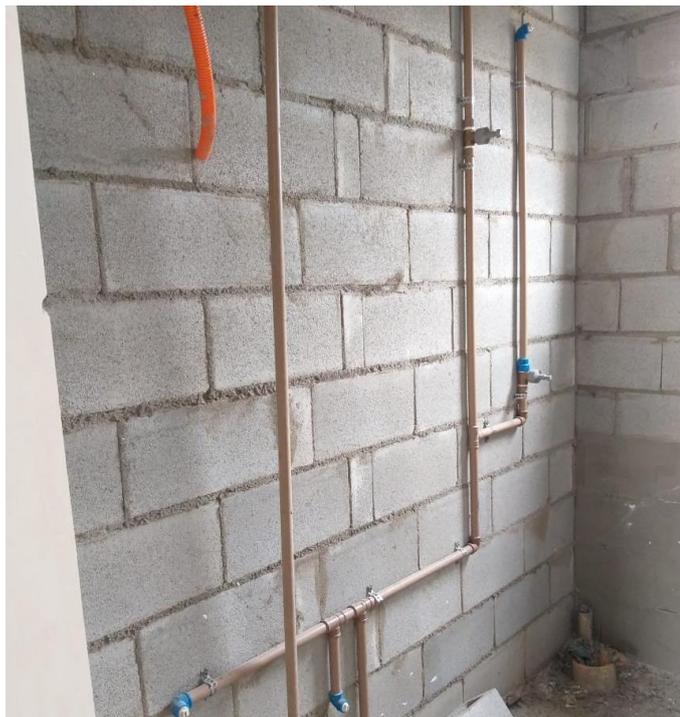
3.2.3 Instalações elétricas

As instalações elétricas tem aspectos a serem considerados conforme o sistema a ser determinado. Na alvenaria estrutural, os eletrodutos corrugados foram passados dentro dos blocos concomitantemente à execução das paredes pois não podem ser efetuados rasgos iguais quando considerados o concreto armado, pois poderá implicar na respectiva diminuição da capacidade de resistência à compressão do bloco (F_{bk}) e conseqüentemente à estrutura. Quando considerado estrutura em concreto armado, o tijolo não tem característica estrutural, somente de vedação, então é comum ser realizado rasgos nos tijolos e o chumbamento das tubulações posteriormente à sua elevação.

3.2.4 Instalações hidráulicas

Como exemplificado nas instalações elétricas, o sistema de alvenaria estrutural não pode receber rasgos comparados à alvenaria convencional, com isso são comumente realizados *shafts* (foram utilizadas paredes de gesso acartonado com resistência à umidade) e caso não seja feita parede hidráulica, é realizado reboco com espessura que possa cobrir a tubulação conforme Figura 31 a seguir.

Figura 31-Tubulações em alvenaria estrutural.



Fonte: Cedido pela Melo Borges Construtora e Incorporadora, 2019.

3.2.5 Alvenaria

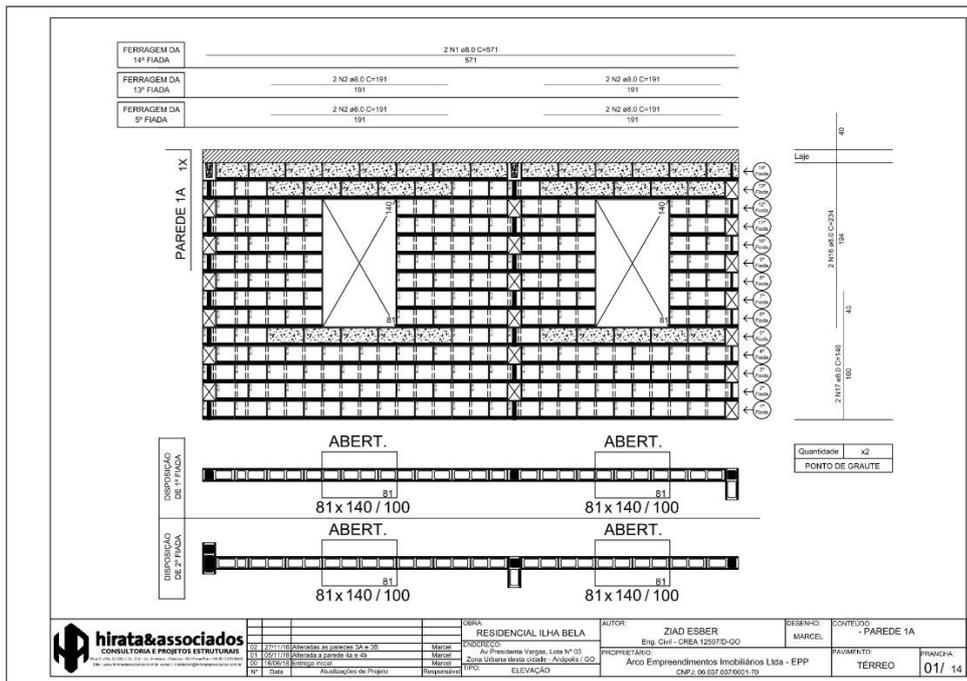
No sistema considerando a alvenaria estrutural, a alvenaria é executada juntamente com a estrutura (Figura 32), conforme paginação e detalhamento em projetos (Figura 33). Ao contrário, no sistema construtivo em Concreto Armado, em geral, não há projeto de elevação ou paginação da alvenaria, somente projeto da estrutura dos pilares e vigas conforme Figura 34.

Figura 32-Alvenaria estrutural no Residencial Ilha Bela.



Fonte: Cedido pela Melo Borges Construtora e Incorporadora, 2019.

Figura 33- Projeto elevação de parede e Alvenaria Estrutural.



Fonte: Cedido pela Melo Borges Construtora e Incorporadora, 2020.

Figura 34-Alvenaria convencional no Residencial Sul.



Fonte: Cedido pela TBC Construtora, 2019.

3.2.6 Revestimentos internos e externos

Na construção em alvenaria estrutural, nos locais que não receberam cerâmica, foi realizado revestimento com gesso corrido com espessura de 0,5 cm a 1,0 cm. Nas áreas molhadas e molháveis, que receberam revestimento cerâmico na parede, foi realizado emboço/reboco de 3,0 cm para cobrir as tubulações e posteriormente o assentamento da cerâmica. Na parte externa foi realizado o reboco com espessura variando de 3,0 cm a 5,0 cm.

No edifício de concreto armado precisou ser executado o chapisco e reboco em todas as paredes para corrigir eventuais desaprumos. Os rebocos internos variaram de 3,0 cm a 4,0 cm e os externos de 3,0 cm a 7,0 cm conforme dados da empresa.

3.3 COMPARATIVOS ENTRE SISTEMAS

O Caderno de Orientações Técnicas da CAIXA, empresas credenciadas, apresenta no anexo III, conforme Tabela 5, o intervalo de valor de incidência dos serviços no orçamento. Isso auxilia para saber onde será a maior incidência no valor final do empreendimento, e com isso fazer as devidas alterações com a finalidade de economizar sem perder a qualidade.

Tabela 5 - Anexo III – Intervalo de valor de incidência dos serviços no orçamento - Recomendação

ITEM	SERVIÇO	INFERIOR	SUPERIOR
1	Serviços preliminares e gerais	1,13%	3,97%
2	Infraestrutura	3,07%	7,43%
3	Supraestrutura	12,17%	17,67%
4	Paredes e painéis	4,80%	10,67%
5	Esquadrias	4,16%	13,27%
6	Vidros e plásticos	0,58%	2,45%
7	Coberturas	0,00%	12,94%
8	Impermeabilizações	0,00%	10,10%
9	Revestimentos internos	6,81%	9,32%
10	Forros	1,59%	2,18%
11	Revestimentos externos	3,87%	5,30%
12	Pisos	8,41%	11,51%
13	Pintura	3,63%	6,47%
14	Acabamentos	1,01%	1,38%
15	Instalações elétricas e telefônicas	3,75%	4,85%
16	Instalações hidráulicas	3,63%	4,27%
17	Instalações de esgoto e águas pluviais	3,65%	4,30%
18	Louças e metais	4,14%	4,87%
19	Complementos / outros serviços	0,24%	2,29%

Fonte: Caderno de Orientações técnicas – COT (Vigência 24/05/2019).

Portanto, os itens referentes à infraestrutura, supraestrutura, paredes e painéis estão entre os itens mais significativos na construção do edifício. Alterações com o intuito de diminuir custo nesses itens terão maior incidência no valor final da obra. Resultando assim em um empreendimento com um menor custo final, sendo benéfico para a empresa e para o cliente/consumidor final.

Não serão orçados e nem feitas as comparações nas pinturas, revestimentos cerâmicos, forros, louças e metais, elétricos, hidrossanitários, instalações de gás e esquadrias por serem empreendimentos com o mesmo projeto arquitetônico, e estes itens não diferem pois independem do sistema construtivo adotado. Portanto, serão considerados os itens de fundação, supraestrutura e revestimento interno (gesso corrido e reboco).

3.3.1 Cronograma de obras

O cronograma de obras é um dos itens de suma importância em vários aspectos referentes ao edifício. Como por exemplo o fluxo de caixa, um empreendimento com menor tempo de obra exige um desembolso maior nos meses de obra.

Um dos pontos positivos para a escolha do sistema de alvenaria estrutural apresentados nesse trabalho foi o menor prazo de obra quando comparado ao sistema de estruturas em concreto armado. No entanto, para as obras em questão, foram adotados o prazo de 1 ano de obra para facilitar ao consumidor final. As propostas apresentadas por ambos os empreendimentos foi que o consumidor final poderia quitar a entrada, ou seja 20% do valor do apartamento até a finalização da obra. Com isso, não foi aproveitado a agilidade da construção em alvenaria estrutural para que atendesse a esse aspecto.

Por meio de entrevista com o diretor responsável pela construção do empreendimento em Alvenaria Estrutural, o cronograma inicial foi de 07 meses de obra conforme Tabela 06, mas por motivos apresentados acima, o mesmo decidiu colocar uma quantidade menor de colaboradores e alargar o prazo de obra para 12 meses. Com isso, a data da finalização do empreendimento foi alterada para o dia 07/12/2019.

Tabela 6- Cronograma da construção em Alvenaria Estrutural.

Nome da tarefa	Duração	Início	Término
Cronograma	144,5 dias	Seg 01/10/18	Ter 07/05/19
Início de obra - ILHABELA I	144,5 dias	Seg 01/10/18	Ter 07/05/19
Infraestrurura	24 dias	Seg 01/10/18	Qui 01/11/18
Supraestrutura	61,5 dias	Ter 30/10/18	Sex 08/02/19
Instalações hidrossanitárias	28 dias	Seg 17/12/18	Sex 08/02/19
Instalações elétricas	115 dias	Qua 07/11/18	Qui 02/05/19
Instalações de gás	1,75 dias	Seg 22/04/19	Ter 23/04/19
Revestimento	84 dias	Seg 17/12/18	Ter 30/04/19
Pinturas	71 dias	Qua 16/01/19	Qua 24/04/19
Cerâmicas e bancadas	75,5 dias	Qua 09/01/19	Qua 24/04/19
Esquadrias	73,75 dias	Ter 15/01/19	Seg 29/04/19
Louças e metais	6,5 dias	Qua 27/02/19	Sex 08/03/19
Cobertura	9,1 dias	Qua 09/01/19	Ter 22/01/19
Área externa	13,5 dias	Qui 07/02/19	Qua 27/02/19
Limpeza	5 dias	Ter 30/04/19	Ter 07/05/19

Fonte: Cedido pela Melo Borges Construtora e Incorporadora, 2020.

3.3.2 Custos entre sistemas

O orçamento foi realizado com base nas planilhas da GOINFRA, SINAPI e valor de mercado em Anápolis. Todos esses detalhes para deixar o mais próximo da estimativa real.

3.3.2.1 Infraestrutura

A Tabela 7, apresenta o orçamento referente à infraestrutura (estaca, blocos de coroamento e vigas baldrames) considerando o sistema em alvenaria estrutural.

Tabela 7- Orçamento da fundação em alvenaria estrutural.

Descrição	Unid.	Quant.	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
INFRA-ESTRUTURA			SOMATÓRIO	36.593,41
FUNDAÇÃO - ESTACAS EM HÉLICE CONTÍNUA			Valor unit	24.705,61
Escavação de Estaca hélice contínua Ø30cm - 4 m	UN	2,00	176,00	352,00
Escavação de Estaca hélice contínua Ø30cm - 9 m	UN	10,00	396,00	3.960,00
Escavação de Estaca hélice contínua Ø40cm - 9 m	UN	12,00	450,00	5.400,00
Concreto usinado bombeavel fck 25 mpa para as estacas	M3	27,00	336,60	9.088,20
Corte, dobra e montagem de aço por estacas	VB	1,00	2.727,33	2.727,33
Regularizacao de cabeça de estaca	UN	24,00	67,50	1.620,00
Lançamento de concreto	M3	27,00	42,71	1.153,08
Controle tecnologico de concreto	UN	27,00	15,00	405,00
FUNDAÇÃO - BLOCOS E VIGAS BALDRAMES				11.887,80
Escavação de blocos e vigas baldrames	M3	6,30	30,90	194,74
Apiloamento de fundo de valas	M2	14,43	2,36	34,05
Lastro de brita, e=3cm	M3	0,43	151,91	65,76
Montagem e desmontagem de forma dos blocos e das vigas baldrames	M2	86,25	44,38	3.828,09
Corte, dobra e montagem de aço dos blocos e das vigas baldrames	VB	1,00	4.989,48	4.989,48
Concreto usinado Fck 35 MPA e slump 12+-2	M3	6,30	366,30	2.308,54
Lançamento de Concreto	M3	6,30	64,60	407,14
Controle tecnologico de concreto	UN	4,00	15,00	60,00

Fonte: Autor, 2020.

A Tabela 8 apresenta o orçamento referente à infraestrutura (estaca, blocos de coroamento e vigas baldrames) considerando o sistema em Concreto Armado.

Tabela 8- Orçamento da fundação em Concreto armado.

Descrição	Unid.	Quant.	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
INFRA-ESTRUTURA			SOMATÓRIO	38.532,09
FUNDAÇÃO - ESTACAS EM HÉLICE CONTÍNUA			Valor unit	26.173,36
Escavação de Estaca hélice contínua Ø30cm - 7 m	UN	4,00	308,00	1.232,00
Escavação de Estaca hélice contínua Ø30cm - 10 m	UN	23,00	440,00	10.120,00
Concreto usinado bombeavel fck 25 mpa para as estacas	M3	21,00	336,60	7.068,60
Corte, dobra e montagem de aço por estacas	VB	1,00	4.880,92	4.880,92
Regularizacao de cabeça de estaca	UN	27,00	60,00	1.620,00
Lançamento de concreto	M3	21,00	44,61	936,84
Controle tecnologico de concreto	UN	21,00	15,00	315,00
FUNDAÇÃO - BLOCOS E VIGAS BALDRAMES				12.358,73
Escavação de blocos e vigas baldrames	M3	8,53	30,90	263,45
Apiloamento de fundo de valas	M2	23,53	2,36	55,53
Lastro de brita, e=3cm	M3	0,71	151,91	107,23
Montagem e desmontagem de forma dos blocos e das vigas baldrames	M2	107,23	44,38	4.759,09
Corte, dobra e montagem de aço dos blocos e das vigas baldrames	VB	1,00	3.516,23	3.516,23
Concreto usinado Fck 30 MPA e slump 12+-2	M3	8,53	363,00	3.094,92
Lançamento de Concreto	M3	8,53	57,15	487,27
Controle tecnologico de concreto	UN	5,00	15,00	75,00

Fonte: Autor, 2020.

Com base nas Tabelas 7 e 8, verifica-se que o custo da fundação em ambos os sistemas de construção foi bem próximo, sendo que na Alvenaria Estrutural foi de R\$ 36.593,41 e em

Concreto Armado de R\$ 38.532,09. O sistema em Alvenaria Estrutural teve a fundação com valor inferior, com diferença de R\$ 1.938,68.

3.3.2.2 Supraestrutura

O orçamento realizado considera somente a alvenaria estrutural, pilares e vigas. Sendo excluído a laje treliçada que foi igual em ambos os sistemas. Na Tabela 9, foi considerado os valores dos blocos conforme notas fiscais de aquisição, com base na quantidade especificada em projeto.

Tabela 9- Orçamento da alvenaria estrutural

Descrição	Unid.	Quant.	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
PAREDES / VEDAÇÕES / SUPRAESTRUTURA				47.561,87
Alvenaria estrutural, espessura 14 cm	VB	1,00	47.561,87	47.561,87
Assentamento e grauteamento de alvenaria estrutural	M2	618,07	20,00	12.361,40
Bloco estrutural 14x19x19	UN	838,00	1,45	1.215,10
Bloco estrutural 14x19x34	UN	1.750,00	2,10	3.675,00
Bloco estrutural 14x19x39	UN	4.676,00	2,30	10.754,80
Bloco estrutural 14x19x54	UN	6,00	2,45	14,70
Canaleta estrutural 14x19x19	UN	55,00	1,45	79,75
Canaleta estrutural 14x19x34	UN	265,00	2,10	556,50
Canaleta estrutural 14x19x39	UN	832,00	2,30	1.913,60
Canaleta estrutural 14x19x54	UN	0,00	2,45	0,00
Graute 15 MPa	M3	17,32	285,00	4.937,41
Aço CA 50 8.0mm	KG	477,59	5,44	2.597,15
Argamassa de Assentamento estrutural	M3	31,52	300,00	9.456,47

Fonte: Autor, 2020.

Para a estimativa de custos considerando a estrutura em concreto armado, a quantidade de aço, forma e concreto tem como base o projeto estrutural. Considerou-se no valor do concreto acréscimo de 10% como sendo a porcentagem de perda. A Tabela 10 detalha os valores e as quantidades consideradas.

Tabela 10- Orçamento de estrutura em concreto armado (pilares, vigas e paredes).

Descrição	Unid.	Quant.	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA DE VEDAÇÃO				74.018,36
ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO				48.478,87
Confecção de forma de compensado plastificado para pilares e vigas- 3 utilizações	M2	426,83	53,59	22.871,82
Corte, dobra e montagem de aço dos pilares e vigas	VB	1,00	12.989,14	12.989,14
Escoramento metálico	VB	1,00	3.090,24	3.090,24
Concreto usinado Fck 30 MPA e slump 12+-2	M3	21,17	363,00	7.684,71
Lançamentos e adensamento de concreto	M3	21,17	87,06	1.842,97
PAREDES / VEDAÇÕES				25.539,49
Alvenaria de tijolo cer. furado 9x19x29 cm	M2	618,07	37,09	22.926,07
Encunhamento de alvenaria com tijolo maciço	M	97,06	9,33	905,08

Fonte: Autor, 2020.

Com base nas Tabelas 9 e 10, a supraestrutura da alvenaria estrutural teve valor inferior nesse item quando comparado à estrutura em Concreto Armado. Sendo, a alvenaria estrutural no valor de R\$ 47.561,87 e na estrutura em Concreto Armado com o valor de R\$ 74.018,36. O sistema em Alvenaria Estrutural também teve valor inferior, sendo diferença de R\$ 26.456,49.

3.3.2.3 Revestimento interno e externo

Na alvenaria estrutural, pode ser considerado o gesso corrido nas paredes para diminuir o custo da construção. Com isso, o gesso tem menor valor quando comparado com chapisco e reboco, mas tal alternativa só poderá ser utilizada em áreas que não são molháveis ou molhadas. A Tabela 11 exemplifica estimativa sendo considerado o gesso corrido, em comparação, na Tabela 12, que é considerada o chapisco e reboco.

Tabela 11- Orçamento do revestimento para alvenaria estrutural.

Descrição	Unid.	Quant.	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
REVESTIMENTOS INTERNOS E EXTERNOS				26.723,58
Chapisco interno (rolado)	M2	268,74	3,91	1.050,77
Reboco paulista interno	M2	268,74	19,59	5.264,62
Chapisco externo	M2	411,75	4,80	1.976,32
Reboco externo	M2	411,75	28,57	11.764,07
Gesso corrido interno	M2	555,65	12,00	6.667,80

Fonte: Autor, 2020.

Tabela 12- Orçamento do revestimento considerando concreto armado.

Descrição	Unid.	Quant.	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
REVESTIMENTOS INTERNOS E EXTERNOS				33.113,55
Chapisco interno (rolado)	M2	824,39	3,91	3.223,36
Reboco paulista interno	M2	824,39	19,59	16.149,80
Chapisco externo	M2	411,75	4,80	1.976,32
Reboco externo	M2	411,75	28,57	11.764,07

Fonte: Autor, 2020.

O valor referente aos revestimentos internos também teve uma acentuada diferença entre sistemas. A Alvenaria estrutural continua com valor inferior, sendo R\$ 26.723,58, e o sistema em Concreto Armado com o valor de R\$ 33.113,55. Diferença essa por conta do revestimento em gesso liso/corrido interno ter o valor inferior ao chapisco e reboco.

Com base nas tabelas 7, 8, 9, 10, 11 e 12 acima, a tabela 13 resume os valores e realiza o comparativo entre as etapas de cada sistema comparativo.

Tabela 13- Orçamento do revestimento considerando concreto armado.

Descrição	Ilha bela (Alvenaria estrutural)		Brasil Sul (Concreto armado)	
Cronograma de obras	7 meses		12 meses	
Custo da fundação	R\$	36.593,41	R\$	38.532,09
Custo da supraestrutura	R\$	47.651,87	R\$	74.018,36
Custo do revestimento (exceto cerâmica)	R\$	26.723,58	R\$	33.113,55
Custo geral	R\$	110.968,86	R\$	145.664,00

Fonte: Autor, 2020.

4 CONCLUSÃO

Com o aumento da concorrência, o diferencial buscado por algumas construtoras foi o preço e a qualidade do empreendimento. Relacionado a isso, esse estudo foi realizado com o intuito de comparar aspectos financeiros considerando tanto preço final e produtividade entre os sistemas construtivos denominados Alvenaria Estrutural e Concreto Armado.

Portanto, foram realizados orçamentos considerando os valores como se as duas obras iniciassem ao mesmo tempo, com o intuito de comparar os aspectos que diferem entre os sistemas e assim estimar um valor para que possa avaliar e verificar qual sistema é mais viável considerando um projeto em específico.

Com base nas estimativas (orçamentos) apresentados, começando pela infraestrutura, esses serviços teve a menor diferença em efeito comparativo entre sistemas. A Alvenaria estrutural teve um valor estimado de R\$ 36.593,41, já considerando o sistema em Concreto Armado com o valor de R\$38.532,09, assim sendo uma diferença de R\$1.938,68 com a Alvenaria estrutural tendo a infraestrutura com o menor custo. Essa diferença representa em uma economia de 5,03% caso fosse comparado ao sistema em Concreto Armado.

Quando se compara a parte de estrutura é onde a maior diferença de valores é acentuada. A estrutura em Alvenaria estrutural tem o valor estimado de R\$ 47.561,87 e a estrutura em Concreto Armado no valor de R\$ 74.018,36, uma diferença de R\$ 26.456,49. Com isso representando uma diferença aproximada de 35,74% quando comparado ao Concreto Armado. Ressaltando assim o item com maior incidência para essa diferença sendo as formas, economias relacionadas a esse item podem influenciar bastante no valor do custo final do comparativo.

Por último na parte dos revestimentos, é estimado um valor de R\$ 26.723,58 na Alvenaria Estrutural onde está sendo considerado gesso corrido/liso na parte interna, considerando em todas as áreas que não sejam molhadas ou molhável da edificação. Considerando essa mesma etapa para a estrutura em Concreto Armado, o valor aumenta para R\$ 33.113,55 por conta de o reboco interno ser mais caro que gesso corrido/liso. Essa alteração ocasiona em uma diferença de R\$ 6.389,97, sendo assim uma diferença estimada de 19,30%.

Portanto, em virtude desses valores apresentados, considerando uma construção na região de Anápolis com determinada arquitetura, a diferença considerando esses itens foi de R\$ 34.785,14, grande parte por conta da supraestrutura (Alvenaria estrutural e Concreto armado com alvenaria de vedação), uma diferença de 31,37%, essa porcentagem representa valor comparando somente os itens orçados e estimados.

Logo, a construção de um empreendimento de 03 (três) pavimentos, sem pilotis, é mais viável economicamente em 31,37% quando construído em Alvenaria estrutural, isso comparando com o sistema em Concreto Armado. Sendo assim, favorecendo tanto à construtora e ao consumidor final (cliente).

Em questão de produtividade, o sistema em Alvenaria Estrutural tem maior velocidade de execução quando comparado ao sistema em Concreto Armado conforme Cronograma disponibilizado pela empresa e entrevistas. O sistema em Alvenaria estrutural foi planejado para ser executado em 07 (sete) meses, mas por causa do valor de entrada ser efetuado durante o andamento da obra, o mesmo foi alargado para 12 meses. Já no Concreto Armado foi planejado para ser executado em 12 meses sendo o prazo mínimo possível para executar a obra.

Fica como sugestão para trabalhos futuros o estudo de viabilidade entre o sistema em Alvenaria Estrutural e Paredes de concreto. Permitindo assim comparar desempenho e custo total entre empreendimentos afim de auxiliar na escolha dos construtores.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS:

____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro. 2005. 7p.

____. **NBR 16868-1**: Alvenaria estrutural – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro. 2020. 70p.

____. **NBR 16868-2**: Alvenaria estrutural – Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro. 2020. 23p.

____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. 2014. Versão corrigida 2014. 238p.

____. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro. 2016. 10p.

____. **NBR 7480**: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. Rio de Janeiro. 2007. 13p.

AGÊNCIA CBIC. **Construção cresce mais de 4% e ajuda a elevar o PIB**. CBIC, 2019. Disponível em: <[http:// https://cbic.org.br/construcao-cresce-mais-de-4-e-ajuda-a-elevar-o-pib/](http://https://cbic.org.br/construcao-cresce-mais-de-4-e-ajuda-a-elevar-o-pib/)>. Acesso em: 06 mar. 2020.

ALONSO, U.R. Prova de carga horizontal em estaca hélice contínua. **Revista solos e Rochas**. São Paulo, 1998, v.21, n.1, p.51 – 57.

ALMEIDA NETO, Jose Albuquerque de. **Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega – aspectos executivos**. 2002. 174p. Dissertação – Mestrado em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

AMRHEIN, James E. **Reinforced masonry engineering handbook**: Clay and concrete masonry. 5ª edição atualizada. Boca Raton, New York. CRC Press, 1998.

ARAÚJO, José Milton. **Curso de concreto armado**. Volume 1. 4ª edição. Rio Grande do Sul: Dunas, 2014.

BARROS, Mercia S. Bottura de. MELHADO, Silvio Burrattino. **Recomendações para produção de estruturas de concreto armado**. São Paulo. EPUSP-SENAI. 1998.

BASTOS, Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. 2006. 92p. Notas de aula para disciplina de Estruturas de Concreto I. Universidade Estadual Paulista. São Paulo.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. FERRAZ, Nelson Newton. **Concreto armado eu te amo vai para a obra**. 1ª edição. São Paulo: Blucher, 2018.

CAVALHEIRO, Odilon Pancaro. **Alvenaria estrutural: Tão antiga e tão atual**. Professor Titular de Alvenaria Estrutural no curso de graduação de engenharia civil da Universidade

Federal de Santa Maria. Coordenador do Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento em Alvenaria Estrutural. Santa Maria RS, 2006.

COÊLHO, Ronaldo Sérgio de Araújo. **Concreto armado na prática**. São Luís: UEMA Ed., 2008.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Banco de obras - Alvenaria Estrutural**. [s.d]. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/banco-obras/1/alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 03 de maio de 2020.

CRISTELLI, Rafael. **Pavimentos industriais de concreto – Análise do sistema construtivo**. 2010. 161p. Monografia - Especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

EECC, Engenharia estrutural e construção civil. **Alvenaria estrutural: uma solução econômica**. Disponível em: <https://construcaocivilpet.wordpress.com/2015/10/07/alvenaria-estrutural-uma-solucaoeconomica>. Acessado em: 06 de setembro de 2020.

FEREGUETTI, Larissa. **Como surgiu a engenharia?** Disponível em: <http://https://engenharia360.com/como-surgiu-a-engenharia/>. Acesso em: 14 mar. 2020.

FERNANDES, Rejane Martins. **A influência das ações repetidas na aderência aço-concreto**. 2000. 155p. Dissertação – Mestre em Engenharia de Estruturas. Universidade de São Paulo. São Carlos.

FIALHO, Karlo Eugênio Romero; COSTA, Heloína Nogueira da; LIMA, Sergio Henrique de Oliveira; BARROS NETO, José de Paula. **Aspectos econômicos da construção civil no Brasil**. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/4e8b/6212cba2ee1f93eed166545b308610721850.pdf>. Acessado em: 22/05/2020.

GIONGO, José Samuel. **Concreto armado: Projeto estrutural de edifícios**. 2007. 176p. Departamento de Engenharia de Estruturas. Universidade de São Paulo. São Carlos.

GRAEFF, Ângela Gaio. **Avaliação experimental e modelagem dos efeitos estruturais da propagação da corrosão em elementos de concreto armado**. 2007. 163p. Dissertação – Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

KERST, Rafael Rambalducci. **Projetos e detalhes construtivos de alvenaria estrutural**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. 294p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

MOHAMAD, Gihad. **Construções em alvenaria estrutural: Materiais, projeto e desempenho**. São Paulo: Blucher, 2015.

MOLITERNO, Antonio. **Caderno de estruturas em alvenaria e concreto simples**. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J.. **Tecnologia do concreto**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman Editor LTDA, 2010.

CIMENTO ITAMBÉ. **Norma Define a altura de prédio em alvenaria estrutural**. 2016. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/norma-alvenaria-estrutural/#:~:text=No%20Brasil%2C%20a%20mais%20recente,e%20que%20tem%2030%20andares.>>. Acesso em: 29 de outubro de 2020.

PARSEKIAN, Guilherme Aris; HAMID, Ahmad Ahmad; DRYSDALE, Robert George. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

QUEIROZ, Rudney. **Introdução à Engenharia Civil: História, principais áreas e atribuições da profissão**. São Paulo: Blucher, 2019.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.

TEIXEIRA, Luciene Pires; CARVALHO, Fatima Marília Andrade de. **A Construção civil como instrumento do desenvolvimento da economia brasileira**. Revista Paranaense de Desenvolvimento. 2005. Nº 109. p.09-26. jul/dez. 2005.

THOMAZ, Ércio; VICENTE, Cláudio; DA ROCHA, Fabiana; FERREIRA, Francisco. **Código de Práticas nº01: Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009.

RAMALHO, Marcio; CORRÊA, Marcio R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

SINDUSCON – MG. **Bloco vazado de concreto para alvenaria estrutural – Manual de recebimento e controle**. 2ª ed. Belo Horizonte: Sinduscon-MG, 2014.

SILVA, Alisson Hoffmann. **Comparação de custos entre os processos construtivos em concreto armado e em alvenaria estrutural em blocos cerâmico e de concreto**. 2002. 157p. Dissertação – Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.