

**ANDREY VINICIUS JOAQUIM**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS  
CONSTRUTIVOS ALVENARIA ESTRUTURAL E CONCRETO  
ARMADO PARA EXECUÇÃO DE UNIDADES  
HABITACIONAIS POPULARES**

**SÃO CARLOS**

**2020**

**ANDREY VINICIUS JOAQUIM**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS ALVENARIA  
ESTRUTURAL E CONCRETO ARMADO PARA EXECUÇÃO DE UNIDADES  
HABITACIONAIS POPULARES**

**Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado  
ao Curso de Graduação de Engenharia Civil do  
Centro Universitário Central Paulista, como  
requisito para a obtenção do título de bacharel  
em Engenharia Civil.**

**Orientador: Prof. Dr. Victor Baldan**

**SÃO CARLOS**

**2020**

Dedico este trabalho a Deus e a todos que são importantes em minha vida, que sempre acompanharam a minha jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Meus agradecimentos ao meu coordenador, Prof. Dr. Victor Baldan por acompanhar e orientar o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também aos professores que contribuíram nos ensinamentos durante os anos de estudo e me proporcionaram melhor conhecimento.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer.

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
RESUMO.....	IX
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 JUSTIFICATIVA .....	2
1.2 OBJETIVO.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 TÉCNICA, MÉTODO, PROCESSO E SISTEMA CONSTRUTIVO.....	4
2.2 SISTEMA CONSTRUTIVO ALVENARIA ESTRUTURAL.....	5
2.2.1 HISTÓRIA .....	6
2.2.2 COMPONENTES .....	7
2.3 SISTEMA CONSTRUTIVO CONCRETO ARMADO.....	10
2.3.1 HISTÓRIA .....	11
2.3.2 COMPONENTES .....	14
2.3.2.1 CONCRETO SIMPLES.....	15
3 MATERIAIS E MÉTODO .....	17
4 RESULTADOS .....	19
4.1 MÉTODO CONSTRUTIVO: ALVENARIA ESTRUTURAL.....	19
4.1.1 CARACTERIZAÇÃO E COMPONENTES.....	19
4.1.2 EQUIPE DE CAMPO.....	21
4.2 MÉTODO CONSTRUTIVO: CONCRETO ARMADO CONVECIONAL.....	22
4.2.1 CARACTERIZAÇÃO E COMPONENTES.....	22
4.2.2 EQUIPE DE CAMPO.....	24
5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.....	25
REFERÊNCIAS.....	27

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

FIGURA 1: EDIFÍCIO MONADNOCK.....	6
FIGURA 2: ALVENARIA ESTRUTURAL NÃO ARMADA.....	7
FIGURA 3: ALVENARIA ESTRUTURAL ARMADA.....	8
FIGURA 4: ELEMENTOS BÁSICOS DA ESTRUTURA DO CONCRETO ARMADO	11
FIGURA 5: PANTEÃO DE PARIS .....	12
FIGURA 6: EDIFÍCIO GUINLE .....	13
FIGURA 7: A VERSATILIDADE DO CIMENTO BRASILEIRO .....	15
FIGURA 8: PLANTA HUMANIZADA DE PROJETO .....	17

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1: CLASSIFICAÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO CONFORME DIÂMETRO MÁXIMO.....	16
TABELA 2: INFORMAÇÕES INICIAIS DE PROJETO .....	17
TABELA 3 - DIMENSÕES DE FABRICAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS ESTRUTURAIS.....	20
TABELA 4 - QUANTITATIVOS DE MATERIAIS (POR UNIDADE HABITACIONAL)	20
TABELA 5 - QUANTITATIVOS DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO .....	21
TABELA 6 - QUANTITATIVO DE AÇO (POR UNIDADE HABITACIONAL).....	21
TABELA 7 - EFETIVO DE CAMPO EM ESCALA UNITÁRIA.....	21
TABELA 8 - DIMENSÕES DE FABRICAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO .....	22
TABELA 9 - QUANTITATIVOS BLOCOS DE VEDAÇÃO (POR UNIDADE HABITACIONAL).....	23
TABELA 10 - QUANTITATIVOS DE ARGAMASSA ASSENTAMENTO .....	23
TABELA 11 - QUANTITATIVO DE AÇO (POR UNIDADE HABITACIONAL).....	23
TABELA 12 - QUANTITATIVO DO MADEIRAMENTO (POR UNIDADE HABITACIONAL).....	23
TABELA 13 - EFETIVO DE CAMPO EM ESCALA UNITÁRIA.....	24
TABELA 14 - DEMONSTRATIVO SIMPLIFICADO (POR UNIDADE HABITACIONAL).....	25
TABELA 15 - TOTALIZAÇÃO E COMPARATIVO.....	26
TABELA 16 - PRÓS E CONTRAS .....	26

## RESUMO

Devido ao crescente desenvolvimento do mercado imobiliário, bem como da construção civil, há a necessidade de melhoria e modernização do processo de construção visando a maior qualidade do produto final, o menor desperdício de materiais e mão de obra, juntamente com a rapidez na execução e com baixo investimento. O presente trabalho visa analisar e comparar de forma simplificada os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e concreto armado no quesito qualidade, viabilidade econômica e tempo de execução para unidades habitacionais populares. Dessa forma, é apresentado os materiais, custos de materiais, efetivo de mão de obra, custo de mão de obra, prazo e qualidade. O objetivo desse trabalho é, através dos dados levantados, apontar vantagens e desvantagens, peculiaridades e diferenças entres os métodos construtivos estudados.

**Palavras-chave:** Sistema Construtivo, Alvenaria Estrutural, Concreto Armado.

# 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Berr; Formoso (2012), ao longo dos anos, a construção civil vem melhorando cada vez mais seus métodos construtivos, tanto os racionalizados quanto os industrializados em busca da elevação da qualidade de seus produtos e serviços através de ações focadas na redução de prazos e custos.

Segundo Almeida (1990), está mais do que comprovado que, em qualquer que seja o empreendimento, método de construção, localização, recurso e prazos, as etapas de racionalização e planejamento têm peso decisivo no desenvolvimento das fases posteriores e, conseqüentemente, no resultado. Devido a isso, muitas construtoras procuram o melhor conjunto custo/benefício para suas obras, visando menor tempo de execução e analisando o método construtivo mais apropriado para cada tipo de construção.

Dentre os métodos construtivos, os mais utilizados para execução de edifícios no Brasil são o método que utiliza a alvenaria estrutural, e o que utiliza estruturas de concreto armado juntamente com a alvenaria convencional, devido ao baixo custo e qualidade (ARAÚJO; MUTTI, 2005).

Conforme Albuquerque (1999), "para a escolha de um sistema construtivo, o engenheiro precisa considerar diversos fatores, tais como a estética, a funcionalidade do projeto arquitetônico, uma concepção aproximada dos esforços que atuarão na estrutura, métodos construtivos e custos. Além disso, a escolha desse sistema é quase sempre influenciada por imposições arquitetônicas, rotinas de construção, infraestrutura construtiva da região. Porém, mesmo com essas condições, o engenheiro ainda deve procurar estruturar a obra da forma mais econômica possível".

Ainda de acordo com Albuquerque (1999), a alvenaria convencional é aquela utilizada na vedação de estruturas de concreto armado, onde as cargas das lajes descarregam nas vigas, das vigas nos pilares, e dos pilares na fundação, normalmente sendo utilizadas barras de aço, de forma que todos resistam solidariamente aos esforços solicitantes.

O sistema alvenaria estrutural, é um processo construtivo onde não se utilizam pilares e vigas, pois as cargas são distribuídas uniformemente ao longo das fundações através das próprias paredes, que são chamadas de portantes e compõem a estrutura

da edificação, sendo os mesmos projetados, dimensionados e executados de forma racional (TAUIL; NESE, 2010).

Segundo Machado (2014), inúmeros são os estudos que comprovam que edificações em alvenaria estrutural têm vantagens econômicas em critérios de custo e tempo, quando comparadas com o convencional concreto armado. Isso se dá por quesitos como: economia de fôrmas, redução significativa de revestimentos e desperdícios de materiais e mão de obra, sendo que os serviços de armadores e carpinteiros se mostram reduzidos. O emprego do sistema em alvenaria estrutural tem avançado significativamente, tanto no aspecto de fabricação dos materiais quanto em execução, assim cada vez mais se consolidando como método construtivo.

Diante das diversas possibilidades de sistemas construtivos, a serem empregados, o presente trabalho apresenta uma análise comparativa enfatizando as vantagens e desvantagens com foco na qualidade, viabilidade econômica e tempo de execução do uso da alvenaria estrutural e concreto armado convencional.

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

Com o intuito de minimizar o déficit habitacional brasileiro, o Governo Federal lançou em 2009 o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) com a meta de construir um milhão de habitações, priorizando famílias com renda de até três salários mínimos, mas que também abrange famílias com renda de até sete salários mínimos. No entanto, para viabilizar tal programa, os empreendimentos necessitam ser executados com rapidez, economia e qualidade.

Em face do exposto, a necessidade de utilização de sistemas construtivos que possibilitem a execução rápida, econômica e com qualidade dos empreendimentos, é importante no desenvolvimento de estudos que comprovem a eficácia desses sistemas nos quesitos técnico e econômico, no intuito de promover a consolidação dos métodos perante as construtoras e incorporadoras.

Em virtude do crescimento dos sistemas construtivos na construção civil, torna-se importante o entendimento do custo por metro quadrado dos mesmos. Desse modo, é possível estimar o custo final de um empreendimento antes de sua realização,

oferecendo subsídios às empresas construtoras para que decidam qual sistema construtivo utilizarão.

Por tanto, buscou-se comparar os sistemas construtivos concreto armado convencional e alvenaria estrutural, relatando seus respectivos índices de produtividade e custos por metro quadrado.

## **1.2 OBJETIVO**

Analisar e comparar os sistemas construtivos alvenaria estrutural e concreto armado convencional nos aspectos de qualidade, viabilidade econômica e tempo de execução para unidades habitacionais populares.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 TÉCNICA, MÉTODO, PROCESSO E SISTEMA CONSTRUTIVO

Para a realização de uma edificação é indispensável o estudo e planejamento do método construtivo que será utilizado na determinada obra. Este planejamento é essencial para um bom desempenho na execução, racionalização de material, qualidade e economia nos custos da obra em geral, sendo estes os resultados que as construtoras e incorporadoras procuram.

Segundo Sabbatini (1989), com o propósito de explicar o significado de cada termo, se deu as seguintes definições:

a) Técnica construtiva: conjunto de operações empregadas por um particular ofício para produzir parte de uma edificação. Por exemplo, pode-se levantar uma parede de alvenaria ou assentar uma esquadria de janela;

b) Método construtivo: conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas, empregadas na construção de uma parte (subsistema ou elemento) de uma edificação. Por exemplo, para se fazer uma estrutura reticulada de concreto armado requer-se um conjunto ordenado de técnicas específicas para sua construção, as quais devem interagir entre si e possuir uma sequência correta e bem determinada;

c) Processo construtivo: é um organizado e bem definido modo de se produzir um edifício. Um específico processo construtivo se caracteriza pelo seu particular conjunto de métodos utilizado na construção da estrutura e vedação do edifício. Por exemplo, quando se cita um processo construtivo em alvenaria estrutural aplicado em blocos cerâmicos se está referindo ao modo de construir a estrutura e as vedações de um edifício;

d) Sistema construtivo: é um processo construtivo de elevados níveis de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo.

## 2.2 SISTEMA CONSTRUTIVO ALVENARIA ESTRUTURAL

Para Ramalho e Corrêa (2003) alvenaria estrutural se caracteriza como sendo um sistema construtivo em que uma estrutura é dimensionada por cálculo racional onde as paredes são resistentes e capaz de suportar outras cargas além do seu próprio peso. Desde as primeiras estruturas feitas pelo homem, a alvenaria é utilizada como processo construtivo, utilizando blocos de variados materiais como argila, pedra, cerâmica

De acordo com Nese e Tauil (2010), a alvenaria estrutural é um sistema construtivo que utiliza um conjunto de peças ligadas com argamassa de assentamento adequado, que formam elemento vertical rígido e coeso, sem a necessidade de pilares ou vigas, onde o principal esforço é a transmissão de ações por meio de tensões de compressão. Tem função de vedação, além de garantir segurança, isolamento acústico e conforto térmico.

Sabbatini (1989) afirma que na alvenaria estrutural, as paredes são estruturais, devendo, desse modo, resistir às cargas como fariam os pilares e vigas utilizados em obras de concreto armado, aço ou madeira, ou seja, seu dimensionamento é calculado para suportar mais que seu próprio peso. Dessa forma, o projeto ideal considera a distribuição das paredes de forma que cada uma atue como elemento estabilizador da outra.

Ramalho e Corrêa (2003) elegeram os três principais parâmetros a serem analisados quando se propõe utilizar a alvenaria estrutural:

- Altura da edificação: No Brasil a alvenaria estrutural é indicada para edifícios de no máximo 15 ou 16 pavimentos. Isto se deve aos blocos encontrados no mercado brasileiro, que possuem baixa resistência à compressão, e tornam obras muito altas pouco econômicas;

- Arranjo arquitetônico: Dependendo do arranjo arquitetônico da edificação (geralmente os não usuais), o que vai importar é a densidade de paredes estruturais por m<sup>2</sup> de pavimento;

- Tipo de uso: Para edifícios comerciais ou residenciais de alto padrão, que demandam arquitetura diferenciada com vãos maiores, a alvenaria estrutural não é indicada por possuir restrições quanto às dimensões dos vãos.

### 2.2.1 HISTÓRIA

A alvenaria estrutural iniciou na pré-história, e é classificada como um dos mais antigos sistemas de construção da humanidade. Teve sua origem nas antigas civilizações, quando grandes blocos irregulares de pedra eram utilizados na execução de paredes estruturais em pirâmides, catedrais, palácios e fortalezas. Por volta do século XVII, foi onde ela passou a ser tratada como tecnologia de construção (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), entre os séculos 19 e 20, vários edifícios em alvenaria estrutural foram construídos com espessuras excessivas de paredes. Um exemplo clássico que pode ser citado é o Edifício Monadnock, em Chicago, construído entre 1889 a 1891. Com 16 pavimentos e 65 metros de altura, o edifício possui as paredes com base de 1,80m de espessura, resultado do dimensionamento por métodos empíricos daquela época e, apesar de suas paredes, o edifício tornou-se símbolo da moderna alvenaria estrutural. Se este mesmo edifício fosse dimensionado, com os materiais contendo as mesmas características daquela época e os procedimentos de cálculos utilizados nesta época, as espessuras das paredes seriam inferiores a 30cm. Ver figura 1.

Figura 1: Edifício Monadnock



No Brasil, a alvenaria tardou a encontrar seu espaço como um processo construtivo econômico e racional, teve início o uso do sistema construtivo no período colonial, com a utilização de pedras, tijolos de barro cru e taipas de pilão. No ano de 1966, em São Paulo, surgiam os primeiros edifícios com blocos vazados de concreto (RAMALHO, CORRÊA, 2003).

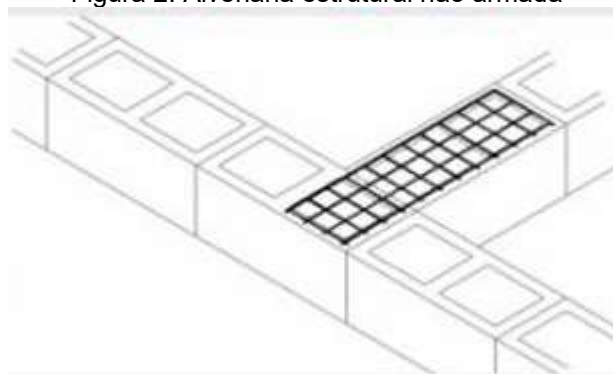
### 2.2.2 COMPONENTES

Segundo Nese e Tauil (2010), a alvenaria estrutural pode ser classificada em três tipos de acordo com seu processo construtivo que são:

a) Alvenaria estrutural não armada: é a alvenaria que desconsidera o uso de armadura para fins de resistência contra esforços solicitantes, é constituída de blocos estruturais vazados, utilizando argamassa, e reforços de aço (barras, fios e telas) apenas por razões construtivas com a finalidade de evitar patologias futuras na estrutura, como trincas e fissuras;

Na Figura 2 pode ser observado o uso do sistema construtivo em alvenaria estrutural não armada:

Figura 2: Alvenaria estrutural não armada

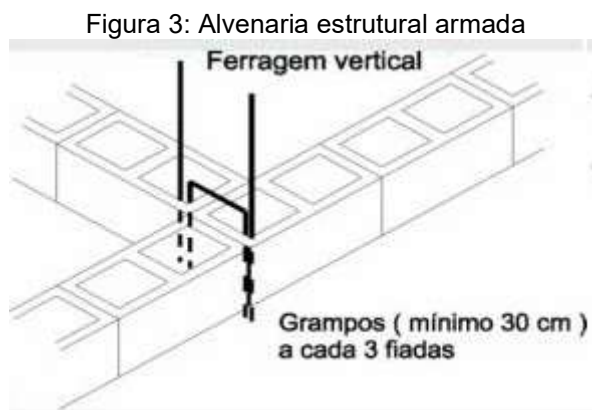


Fonte: <http://www.comunidade-da-construcao.com.br/sistemas-construtivos/1/projeto-estrutural/projeto/6/projeto-estrutural.html> Acesso em 17/05/2020

b) Alvenaria estrutural armada ou parcialmente armada: é a alvenaria que utiliza blocos estruturais vazados assentados com argamassa, armaduras passivas de fios, barras e telas de aço dentro dos vazios dos blocos, grauteados logo após, além de preenchimento de todas as juntas verticais, para resistir aos esforços solicitantes, é uma estrutura de alvenaria utilizando barras de aço, dimensionada por

cálculos racionais.

A Figura 3 apresenta o uso do processo de alvenaria estrutural armada:



Fonte: <http://www.comunidade-da-construcao.com.br/sistemas-constructivos/1/projeto-estrutural/projeto/6/projeto-estrutural.html> Acesso em 17/05/2020

c) Alvenaria protendida: alvenaria que utiliza armaduras ativas (pré-tensionadas), submetendo-a a esforços de compressão. Tipo de alvenaria pouco usado por questões de mão de obra, materiais e custo.

Os componentes de uma obra em alvenaria estrutural são basicamente: as unidades, a argamassa, o graute e a armadura. Quando dois ou mais desses componentes se juntam, formam os elementos da estrutura, que podem ser as paredes, pilares, cintas. Para que a alvenaria estrutural se torne um sistema econômico, a racionalização dos materiais é fator muito importante (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

A seguir, serão conceituados os principais componentes da alvenaria estrutural:

- Unidades ou Blocos: são os componentes básicos e mais importantes da alvenaria estrutural, industrializados de dimensões e peso que os tornam manuseáveis, possuem formato paralelepipedal e adequado para compor uma alvenaria. Em ordem decrescente, as unidades/blocos mais utilizados no Brasil para edificações de alvenaria estrutural são blocos de concreto, blocos cerâmicos e blocos sílico-calcário (que podem ser maciços ou vazados). A qualidade dos blocos vem aumentando, o sistema tem apresentado significativa economia em relação ao revestimento das paredes, que passam a apresentar menores espessuras.

- Argamassa: é um material composto, plástico, de agregado miúdo, aglomerantes, água e cal, sua função é aderir materiais porosos e endurecer após um período de tempo fazendo a ligação entre as unidades para transmitir e uniformizar as tensões entre blocos de alvenaria, absorvendo pequenas deformações e prevenindo a entrada de água e de vento nas edificações. Uma boa argamassa deve deslizar facilmente sobre os blocos no lançamento, apresentar boa aderência e boa resistência à compressão. É importante ressaltar que tanto as argamassas produzidas em obras quanto as argamassas industrializadas devem ser submetidas a um controle de qualidade rigoroso, conforme (ABNT 13281, 2005).

- Graute: é um concreto composto de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo, água e cal, destinado a conferir trabalhabilidade e retenção de água para a hidratação da mistura, caracteriza-se pela alta fluidez, de modo a preencher todos os vazios dos blocos adequadamente. Suas principais funções são: aumentar a resistência da parede sem a necessidade de aumentar a resistência da unidade e provocar aderência com as armaduras tendo como propriedades características a trabalhabilidade e adequada resistência à compressão. Sua principal finalidade é aumentar a área da seção transversal dos elementos, de forma a aumentar a resistência a esforços de compressão da estrutura, além de formar uma estrutura monolítica quando colocada junto à armadura quando necessário. (ABNT12118, 2013) regulamenta que a avaliação da influência do graute na compressão deve ser realizada por meio de ensaios de compressão de prismas (corpos de prova da alvenaria). É sugerido que se adote eficiência de 60% e traço com resistência igual à do bloco na área líquida.

- Armaduras: as armaduras empregadas na alvenaria estrutural são as mesmas utilizadas no concreto armado e está sempre presente na forma de armadura construtiva ou de cálculo que são envolvidas pelo graute para garantir o trabalho em conjunto. Suas funções são de absorver esforços de tração e compressão e cobrir necessidades construtivas. As armaduras podem até inexistir e quando necessárias são retas, sem gancho ou dobras, na sua grande maioria. Necessitam estar bem protegidas da corrosão.

## 2.3 SISTEMA CONSTRUTIVO CONCRETO ARMADO

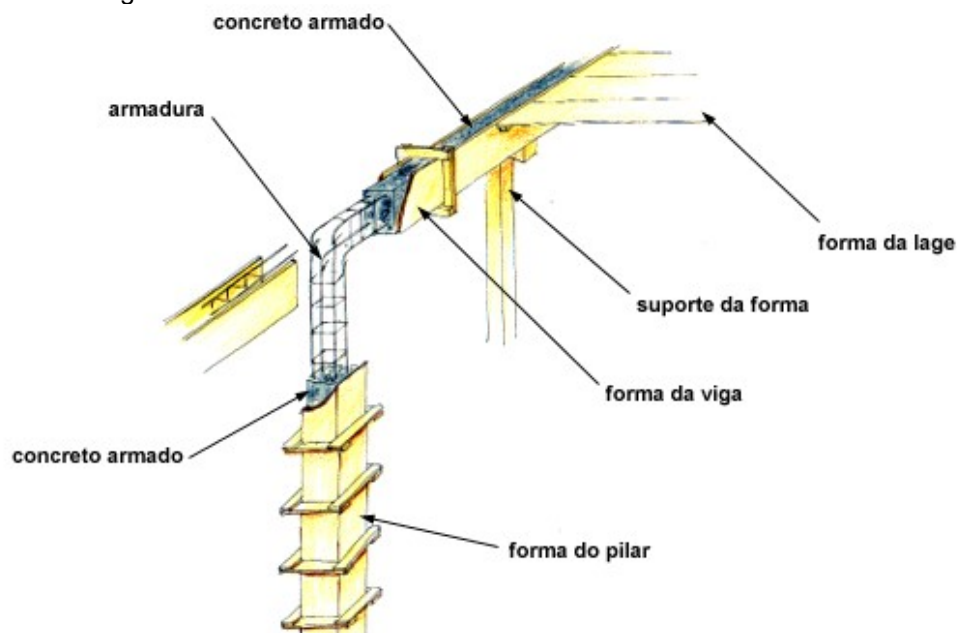
Concreto armado entende-se como uma mistura do concreto simples com uma armadura, que em conjunto resistem aos esforços solicitantes da estrutura, o que é garantido pela aderência entre os dois materiais. É um material de composição composta, no qual a ligação entre concreto e a armadura de aço ocorre pelo processo de aderência do cimento e a efeitos de natureza mecânica (LEONHARDT; MÖNNIG, 2008).

Segundo Pinheiro (2010) a característica mais importante que se pode ressaltar em relação ao concreto armado é que ele é constituído por uma combinação de um material que resiste muito bem à compressão, o concreto, com um material que resiste muito bem à tração, o aço. Desse modo, de maneira geral, pode-se afirmar que, nas peças de concreto armado, o concreto é responsável por resistir aos esforços de compressão e o aço aos de tração. Em peças essencialmente comprimidas, o aço aumenta a capacidade resistente do elemento.

Para Araújo (2003) o concreto armado se caracteriza pela aplicação do concreto com barras de aço, onde o funcionamento desse produto é eficiente quando há aderência. O concreto é um conglomerado composto por cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água, sendo atualmente “o segundo material mais consumido pelo homem, superado apenas pela água.” Por esta união é possível vencer grandes vãos e atingir grandes alturas, pois o aço resiste aos esforços de tração e o concreto aos esforços de compressão. Outra característica do concreto é que ele é um material plástico, moldável, no qual pode ser empregado de diversas maneiras. A aderência é fundamental para um desempenho conjunto desses materiais.

Na Figura 4, observa-se os elementos necessários da estrutura de concreto: vigas, pilares e lajes, formas e armaduras, as alvenarias possuem basicamente a função de vedação.

Figura 4: Elementos básicos da estrutura do concreto armado



Fonte: <http://laarquitectura.weebly.com/blog/estruturas-de-concreto-armado-moldado-in-loco> Acesso em 17/05/2020

A característica mais importante do concreto armado está na sua constituição ao combinar um material que tem ótima resistência à compressão, o concreto, com outro que tem ótima resistência à tração, o aço. Assim, é possível dizer que o concreto, nos elementos em concreto armado, é responsável por resistir aos esforços de compressão, e o aço, aos de tração. Em peças sob compressão, o aço eleva a capacidade de resistência (ARAÚJO, 2003).

### 2.3.1 HISTÓRIA

Segundo Fontana (2014), entre os anos 212 e 217, no império romano, o imperador com suas obras ambiciosas impostas politicamente concebeu o conceito de utilização de barras metálicas no interior de estruturas com pedras ou argamassas com a finalidade de promover a resistência às construções conhecidas como Termas de Caracalla. No século XV durante a recuperação das ruínas, descobriu-se barras de bronze no interior das estruturas com argamassas de pozzolana, e se percebeu que as estruturas cobriam grandes vãos. Séculos depois, os arquitetos Jean-Baptiste

Rondelet e Jacques Germain Soufflot utilizaram aço e pedras naturais na construção da Igreja de Santa Genoveva, chamada hoje como Panteão, em Paris.

Figura 5: Panteão de Paris



Fonte: <http://www.platdujour.com.br/pantheon/> Acesso em 18/05/2020

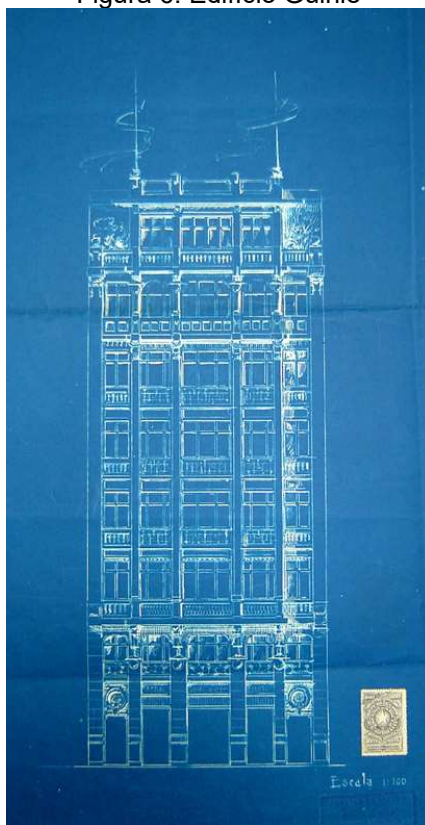
Ainda Fontana (2014), explica que em 1824 o empresário Joseph Aspdin fez experiências com misturas de pó de pedra calcária e argila, as quais eram queimadas e moídas posteriormente. Aos materiais adquiridos nesta mistura era acrescentado água para o experimento resultando em um certo tipo de argamassa que após seca ficava dura como pedra e comparável às rochas encontradas na ilha britânica de Portland. Aspdin patenteou o produto com o nome de Cimento Portland.

Para Beckenkamp (2013), o concreto armado tem origem na França, aproximadamente no ano de 1849, onde Joseph Louis Lambot construiu uma embarcação em concreto armado, com o objetivo de utilizar um material que fosse resistente à água. Nesta mesma época, um francês chamado Joseph Monier começou a fabricar vasos de flores e mais tarde tubos, reservatórios e até mesmo pequenas pontes. Em 1877, Thaddeus Hyatt se aprofundou no assunto e adquiriu a patente do sistema de execução de vigas de concreto e aço, e previa a posição das barras nos efeitos de tração e cisalhamento com sugestão do uso das barras dobradas. No ano de 1902 a Teoria Clássica de Mörsch tornou-se público a partir dos estudos e ensaios experimentais do engenheiro alemão Emil Mörsch. Na teoria foram reformuladas as

normas para o cálculo e a construção em concreto armado, no intuito de aprimorar o método construtivo. O Engenheiro e Arquiteto, respectivamente, Emil Mörsch e Matthias Koenen, em 1912, desenvolveram os primeiros estudos de concreto protendido, muito utilizado a partir do ano de 1945.

Segundo Bastos (2006), no Brasil, a primeira obra em concreto armado foi datada em 1892, por construção de casas habitacionais comandadas pelo engenheiro civil Carlos Poma. Em 1901, foram construídas galerias de água com 47 e 74 metros de comprimento. Em 1904, construiu casas e sobrados em Copacabana, no Rio de Janeiro. Entre 1913 e 1916, foi construído o primeiro edifício em concreto armado na cidade de São Paulo, sendo um dos mais antigos do Brasil em concreto armado, com três pavimentos, chamado Edifício Guinle como mostra na figura 6.

Figura 6: Edifício Guinle



Fonte: <http://www.arquiamigos.org.br/info/info11/index.html> Acessado em 18/05/2020

### 2.3.2 COMPONENTES

Para Bastos (2006), em obras 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.

(ABNT 6118, 2014) define que os elementos de concreto armado são “aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência”.

Os pilares são elementos lineares de eixo reto, dispostos na vertical que recebem basicamente esforços de compressão, oriundos do peso próprio da estrutura além de outras cargas. Já as vigas são elementos lineares basicamente dispostos na horizontal nas quais o esforço preponderante é o de flexão. Por fim a laje ou placa é um elemento estrutural laminar de superfície plana sujeito principalmente a ações normais ao seu plano e normalmente constituem os pisos dos edifícios (ABNT, 2003, p.74-75).

Para Assahi (2005, apud ARCARI, 2010, p.30) devido às fôrmas representarem entre 25% e 40% do custo da estrutura de concreto armado, equivalente a 5% a 8% do custo total do empreendimento, este item merece atenção especial, não só pela sua representatividade, mas principalmente, pela sua suscetibilidade. Ressalta também que “na maioria das vezes torna-se o único fator significativo de competitividade na execução de estrutura, uma vez que os itens armação e concreto são pouco variáveis, independente da metodologia de execução”.

As formas possuem papel fundamental na qualidade e no acabamento da estrutura. Atualmente observa-se que, devido ao seu elevado custo, algumas construtoras as utilizam além da capacidade do material, podendo nestes casos, resultar em estruturas com desníveis e desaprumos, que geram altos custos para a correção e podendo apresentar manifestações patológicas no futuro (ARCARI, 2010, p.30)

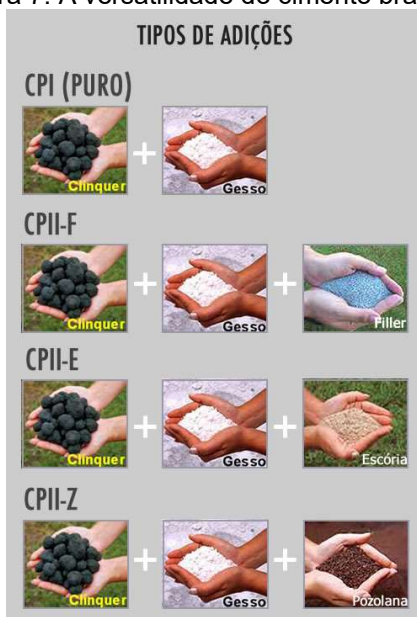
### 2.3.2.1 CONCRETO SIMPLES

Daldegan (2017), descreve que o concreto simples é basicamente constituído por aglomerante, agregado miúdo, agregado graúdo, água e ar. Pode conter também aditivos químicos a fim de melhorar suas características, como a plasticidade e trabalhabilidade. Além disso, esse elemento tem ótimo comportamento quando submetido a tensões de compressão, porém tem baixa resistência à tração, que é em torno de 10% de sua resistência à compressão.

O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglutinantes que endurece ao entrar em contato com a água, e que após o seu endurecimento, não se dissolve mais. Este pó misturado com água, agregados, adições e aditivos, fornece para as construções do dia a dia os concretos e argamassas. O cimento Portland é a denominação convencionada mundialmente para o material usualmente conhecido na construção civil como cimento (ABCP, 2002).

Ainda ABCP (2002) explica que a rocha calcária é extraída das jazidas, britada e moída, para depois ser misturada com a argila. Essa mistura passa por um forno giratório onde a temperatura pode chegar a 1450°C, e é então após esse processo, que a junção de calcário com argila transforma-se no clínquer. Este material também pode conter traços de silício, ferro e alumínio. Veja algumas adições ao clínquer na figura 7.

Figura 7: A versatilidade do cimento brasileiro



Fonte: ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland (2020)

Para Daldegan (2017), os materiais que compõem o concreto simples são:

- a) Cimento Portland: material aglutinante que, a partir de mistura com água, reage quimicamente e adquire características de trabalhabilidade, mas endurece em curto prazo de tempo, sendo incapaz de voltar à sua forma original caso entre em contato com água novamente;
- b) Agregado miúdo: consiste na areia, porém com diâmetro máximo de 4,8mm. É preciso ressaltar que, quando o concreto é feito na própria obra, a areia deve ser lavada, livre de materiais orgânicos, além de cuidado com sua umidade, pois pode interferir na resistência do concreto;
- c) Agregado graúdo: esse material é chamado de brita e, no Brasil, possui duas classificações, sendo a primeira de acordo com sua origem mineralógica (basalto, diabásio, granito, gnaisse, calcário e arenito) e a segunda referente ao seu diâmetro máximo, conforme Tabela 1. Geralmente usa-se a Brita 1 no concreto fabricado no país;

Tabela 1: Classificação do agregado graúdo conforme diâmetro máximo

<b>Brita</b>	<b>Diâmetro [mm]</b>
Brita 0	4,8 a 9,5
Brita 1	9,5 a 19
Brita 2	19 a 38
Brita 3	38 a 76

Fonte: Adaptado Daldegan (2017)

- d) Água: esse elemento, além de facilitar na mistura dos outros componentes, é essencial para as reações químicas que promovem as propriedades físicas do concreto, as reações de hidratação. É necessário que a água utilizada seja potável e em quantidade correta para garantir trabalhabilidade e propriedades adequadas ao material.

### 3 MATERIAIS E MÉTODO

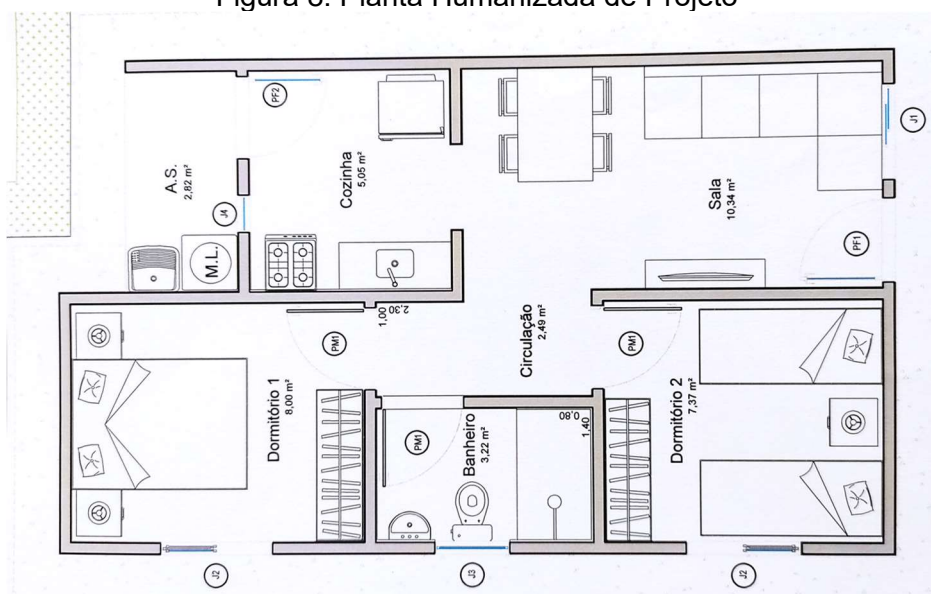
A elaboração deste trabalho foi realizada com base em estudos bibliográficos com ênfase em unidades de habitação popular. Para satisfação da gestão de obras, deve-se a um estudo detalhado do projeto e a um controle eficaz sobre os prestadores de serviços, empreiteiras e colaboradores. O foco deste trabalho se resume na comparação de dois métodos construtivos que possivelmente possam ser empregados na construção de unidades habitacionais populares sendo construídos em volume e que dependem de um método eficaz a ser estabelecido com a viabilidade econômica, produtiva e qualitativa no menor tempo de obra. Portanto, será realizado um comparativo entre os métodos construtivos: Concreto Armado convencional e Alvenaria estrutural para um projeto de habitação popular, nas seguintes condições:

Tabela 2: Informações iniciais de projeto

Unidades Habitacionais	Área de Construção por unid. hab. (m <sup>2</sup> )	Prazo de Execução (meses)
500	45,47	4

O projeto estabelecido para comparação pode ser visto na planta humanizada na figura 8.

Figura 8: Planta Humanizada de Projeto



As referências normativas como NBR (Norma Brasileira, que é criado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)), NR (Normas Regulamentadoras, que orienta aos procedimentos obrigatórios relacionados à segurança e saúde do trabalhador), ISO (International Organization for Standardization, que promove a normalização de produtos e serviços, utilizando determinadas normas para que a qualidade seja melhorada) e a certificação PBQP-h (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), que é um programa criado em 1991 pelo Governo Federal e tem como finalidade difundir os novos conceitos de qualidade, gestão e organização da produção, será devidamente utilizada para a análise do melhor ou mais aplicável método construtivo para este tipo de obra. Para a orçamentação de obras serão verificados os dados da tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) que é uma tabela utilizada no orçamento de obras, mantida pela Caixa Econômica Federal e pelo IBGE, que informa os custos e índices da Construção Civil no Brasil. Também será analisado dados junto ao CUB (Custo Unitário Básico) que se trata de um indicador utilizado na construção civil para se obter uma estimativa do custo de um projeto.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 MÉTODO CONSTRUTIVO: ALVENARIA ESTRUTURAL**

Será considerado as etapas construtivas anteriores e posteriores da atividade de alvenaria como concluídas e não deverão entrar como base para este desenvolvimento, uma vez que a resolução do comparativo se deve a execução da alvenaria e não na elaboração de dimensionamentos. Portanto, o estudo será realizado com as etapas de projeto previamente dimensionadas e será focado na execução da atividade.

A execução do método construtivo em alvenaria estrutural na planta baixa (figura 8) citada foi projetado como alvenaria não armada, portanto os pontos de graute serão apenas para evitar patologias futuras.

#### **4.1.1 CARACTERIZAÇÃO E COMPONENTES**

Os blocos estruturais a serem utilizados serão do tipo cerâmico de paredes vazadas em acordo com as diretrizes da ABNT 15270-2:2005:

Tabela 3 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais

Dimensões L x H x C	Dimensões de fabricação cm					
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)			
			Bloco principal	½ Bloco	Amarração (L)	Amarração (T)
(5/4)M x (5/4)M x (5/2)M	11,5	11,5	24	11,5	-	36,5
(5/4)M x (2)M x (5/2)M		19	24	11,5	-	36,5
(5/4)M x (2)M x (3)M			29	14	26,5	41,5
(5/4)M x (2)M x (4)M			39	19	31,5	51,5
(3/2)M x (2)M x (3)M	14	19	29	14	-	44
(3/2)M x (2)M x (4)M			39	19	34	54
(2)M x (2)M x (3)M	19	19	29	14	34	49
(2)M x (2)M x (4)M			39	19	-	59

Bloco L – bloco para amarração em paredes em L.  
Bloco T – bloco para amarração em paredes em T.

Fonte: ABNT NBR 15270-2: Componentes Cerâmicos – Procedimento – Parte 2

O bloco que será realizado neste trabalho será nas dimensões do bloco principal 19x11,5x39 cm e ½ bloco com as dimensões 19x11,5x19 cm com outros respectivos blocos e canaletas complementares para amarração, verga e contraverga. Os quantitativos seguem na tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Quantitativos de materiais (por unidade habitacional)

Descrição	Total	Custo médio p/ unidade
Bloco 4 cm	127	R\$ 1,10
Bloco 9 cm	128	R\$ 1,28
Bloco 19 cm	11	R\$ 2,09
Bloco 31,5 cm	305	R\$ 2,79
Bloco 39 cm	859	R\$ 1,99
Canaleta Jota 11,5x19x9x39 cm	71	R\$ 3,50
Canaleta U 11,5x19x39 cm	79	R\$ 2,79
Canaleta Compensadora 11,5x9x39 cm	44	R\$ 1,50

Será utilizado o uso da argamassa de assentamento industrializado com aditivo retardador de pega para possibilitar a estocagem do produto para o consumo parcial ou total em até 32h. Sua estocagem será em masseiras com capacidade de 1m<sup>3</sup>.

Tabela 5 - Quantitativos de argamassa de assentamento e concreto (por unidade habitacional)

Descrição	Total	Custo médio p/ m <sup>3</sup>
Argamassa (m <sup>3</sup> )	0,67	R\$ 238,38
Concreto Colunas (m <sup>3</sup> )	0,18	R\$ 265,99
Concreto Canaletas (m <sup>3</sup> )	0,65	R\$ 265,99

Serão utilizados aço CA-50 para a trabalhabilidade dos pontos de graute:

Tabela 6 - Quantitativo de aço (por unidade habitacional)

Descrição	Total	Custo médio p/ metro
Aço CA-50 Ø 5 mm (metros)	18,25	R\$ 2,49
Aço CA-50 Ø 8 mm (metros)	149,45	R\$ 3,08

#### 4.1.2 EQUIPE DE CAMPO

A equipe de campo na obra foi dimensionada para a produção em escala unitária para ter embasamento no tempo de execução. Portanto, para a obra em escala produtiva deve ser dimensionado como produção em massa trazendo resultados diários que no prazo final estabeleça a produção total.

Tabela 7 - Efetivo de campo em escala unitária

Funções	Nº Colaboradores	Média Salarial
Pedreiro	1	R\$ 2.000,00
Ajudante de Pedreiro	1	R\$ 1.200,00
Grauteador	1	R\$ 1.600,00
Encarregado	1	R\$ 2.500,00
Engenheiro	1	R\$ 8.000,00
Estagiário	1	R\$ 1.500,00

## 4.2 MÉTODO CONSTRUTIVO: CONCRETO ARMADO CONVECIONAL

Será considerado as etapas construtivas anteriores e posteriores das atividades de pilares, vigas e alvenaria de fechamento como concluídas e não deverão entrar como base para este desenvolvimento, uma vez que a resolução do comparativo se deve a execução das vigas, pilares e alvenaria de fechamento e não na elaboração de dimensionamentos. Portanto, o estudo será realizado com as etapas de projeto previamente dimensionadas e será focado na execução da atividade.

A execução do sistema de concreto armado na planta baixa (figura 8) citada foi projetado com vigas e pilares armados com seção transversal mínima de acordo com a NBR 6118:2004 sendo 360 cm<sup>2</sup>.

### 4.2.1 CARACTERIZAÇÃO E COMPONENTES

Os blocos de vedação a serem utilizados serão do tipo cerâmico de vedação com furos na horizontal em acordo com as diretrizes da ABNT 15270-1:2005:

Tabela 8 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação

Dimensões L x H x C Módulo Dimensional M = 10 cm	Dimensões de fabricação cm			
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco principal	1/2 Bloco
(1) M x (1) M x (2) M	9	9	19	9
(1) M x (1) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (2) M		14	19	9
(1) M x (3/2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(1) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/4) M x (5/4) M x (5/2) M	11,5	11,5	24	11,5
(5/4) M x (3/2) M x (5/2) M		14	24	11,5
(5/4) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(5/4) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(5/4) M x (2) M x (3) M			29	14
(5/4) M x (2) M x (4) M			39	19

O bloco cerâmico que será realizado neste trabalho será nas dimensões do bloco principal 9x19x19 cm e ½ bloco com as dimensões 9x19x9 cm e canaletas para verga e contraverga. Os quantitativos seguem na tabela 9 a seguir:

Tabela 9 - Quantitativos blocos de vedação (por unidade habitacional)

<b>Descrição</b>	<b>Total</b>	<b>Custo médio p/ unidade</b>
Bloco 19 cm	2093,2	R\$ 0,79
Bloco 9 cm	523,3	R\$ 1,40
Canaleta U 9x19x39 cm	79	R\$ 1,90

Será utilizado o uso da argamassa de assentamento industrializado com aditivo retardador de pega para possibilitar a estocagem do produto para o consumo parcial ou total em até 32h. Sua estocagem será em masseiras com capacidade de 1m<sup>3</sup>.

Tabela 10 - Quantitativos de argamassa assentamento e concreto (por unidade habitacional)

<b>Descrição</b>	<b>Total</b>	<b>Custo médio p/ m<sup>3</sup></b>
Argamassa (m <sup>3</sup> )	0,92	R\$ 238,38
Concreto vigas e pilares (m <sup>3</sup> )	2,86	R\$ 265,99
Concreto Canaletas (m <sup>3</sup> )	0,65	R\$ 265,99

Serão utilizados aço CA-50 para a trabalhabilidade dos elementos estruturais.

Tabela 11 - Quantitativo de aço (por unidade habitacional)

<b>Descrição</b>	<b>Total</b>	<b>Custo médio p/ metro</b>
Aço CA-50 Ø 4,2 mm (metros)	373,07	R\$ 1,28
Aço CA-50 Ø 8 mm (metros)	398,52	R\$ 3,08

Para montagem das fôrmas utilizaremos madeiras e sarrafo de pinus.

Tabela 12 - Quantitativo do madeiramento (por unidade habitacional)

<b>Descrição</b>	<b>Total</b>	<b>Custo médio p/ metro</b>
Tábua 30x2,5x300 cm (metros)	78,5	R\$ 21,05
Sarrafo 10x2,5x300 cm (metros)	249,2	R\$ 7,70

#### 4.2.2 EQUIPE DE CAMPO

A equipe de campo na obra foi dimensionada para a produção em escala unitária para ter embasamento no tempo de execução. Portanto, para a obra em escala produtiva deve ser dimensionado como produção em massa trazendo resultados diários que no prazo final estabeleça a produção total.

Tabela 13 - Efetivo de campo em escala unitária

<b>Funções</b>	<b>Nº Colaboradores</b>	<b>Média Salarial</b>
Pedreiro	1	R\$ 2.000,00
Ajudante de Pedreiro	2	R\$ 1.200,00
Carpinteiro	2	R\$ 2.000,00
Armador	1	R\$ 2.000,00
Encarregado	1	R\$ 2.500,00
Engenheiro	1	R\$ 8.000,00
Estagiário	1	R\$ 1.500,00

## 5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Na atividade deste trabalho foi observado algumas diferenças no método construtivo, para tanto, podemos observar que ambos possuem vantagens e desvantagens. A alvenaria estrutural nos traz uma obra rápida e com pouco desperdício de material comparado ao concreto armado que nos traz uma obra mais dinâmica com integrações entre atividades e menos veloz. Já em relação a mão de obra, podemos observar também que a alvenaria estrutural demanda de menor número de funcionários, porém com uma técnica diferenciada enquanto o concreto armado nos entrega um padrão mais robusto e dedicado que demanda maior atenção em sua montagem estrutural. Face a um comparativo, temos:

Tabela 14 - Demonstrativo simplificado (por unidade habitacional)

Tipo	Atividade	Material	Custo médio	Prazo	Mão de obra	Nº Colaboradores	Custo mão de obra
Alvenaria Estrutural	Blocos e Canaletas	Bloco 4 cm	R\$ 139,70	2	Pedreiro	1	R\$ 2.000,00
		Bloco 9 cm	R\$ 163,84		Ajudante de Pedreiro	1	R\$ 1.200,00
		Bloco 19 cm	R\$ 22,99		Grauteador	1	R\$ 1.600,00
		Bloco 31,5 cm	R\$ 850,95		Encarregado	1	R\$ 2.500,00
		Bloco 39 cm	R\$ 1.709,41		Engenheiro	1	R\$ 8.000,00
		Canaleta Jota 11,5x19x9x39 cm	R\$ 248,50		Estagiário	1	R\$ 1.500,00
		Canaleta U 11,5x19x39 cm	R\$ 220,41				
		Canaleta Compensadora 11,5x9x39 cm	R\$ 66,00				
	Argamassa	Argamassa de assentamento	R\$ 159,71				
	Concreto	Concreto de uso em canaletas e colunas	R\$ 220,77	2			
Aço	Aço CA-50 Ø 5 mm	R\$ 45,47	1				
	Aço CA-50 Ø 8 mm	R\$ 460,80					
Concreto Armado	Blocos e Canaletas	Bloco 19 cm	R\$ 1.653,63	5	Pedreiro	1	R\$ 2.000,00
		Bloco 9 cm	R\$ 732,62		Ajudante de Pedreiro	2	R\$ 1.200,00
		Canaleta U 9x19x39 cm	R\$ 150,10		Carpinteiro	2	R\$ 2.000,00
	Argamassa	Argamassa de assentamento	R\$ 219,31	Armador	1	R\$ 2.000,00	
	Concreto	Concreto de uso em canaletas e colunas	R\$ 933,62	3	Encarregado	1	R\$ 2.500,00
	Aço	Aço CA-50 Ø 4,2 mm	R\$ 478,46	1	Engenheiro	1	R\$ 8.000,00
		Aço CA-50 Ø 8 mm	R\$ 1.228,77		Estagiário	1	R\$ 1.500,00
	Madeira	Tábua 30x2,5x300 cm (metros)	R\$ 1.652,43	1			
Sarrafo 10x2,5x300 cm (metros)		R\$ 1.918,84					

Tabela 15 - Totalização e comparativo

Método Construtivo	Custo total de material	Prazo de execução	Custo mão de obra
Alvenaria Estrutural	R\$ 4.308,56	5	R\$ 16.800,00
Concreto Armado	R\$ 8.967,78	10	R\$ 19.200,00

Tabela 16 - Prós e Contras

	Prós	Contras
<b>Alvenaria Estrutural</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapidez na execução</li> <li>• Economia orçamentária</li> <li>• Melhor gestão da atividade</li> <li>• Mão de obra enxuta</li> <li>• Não utiliza fôrmas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impossibilidade de mudança arquitetônica</li> <li>• Disponibilidade de material na região</li> <li>• Mão de obra qualificada</li> </ul>
<b>Concreto Armado Convencional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilidade de alterações arquitetônicas</li> <li>• Disponibilidade de material na região</li> <li>• Convencionalmente utilizadas em casas unifamiliares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior custo de obra</li> <li>• Maior tempo de obra</li> <li>• Efetivo maior</li> <li>• Utilização de fôrmas</li> </ul>

Diante o exposto podemos analisar que apesar da alvenaria estrutural ter em sua característica a impossibilidade de alterações arquitetônicas dentre outras desvantagens, se mostrou mais econômica em 48% a menos que o concreto armado. Porém, podemos analisar que o prazo de entrega de uma unidade habitacional no método construtivo concreto armado dobrou em relação ao tempo de execução. Portanto, para execução de um empreendimento em escala produtiva, certamente irá se adotar o método em alvenaria estrutural que possibilita o menor prazo com o menor custo. Já em termos de qualidade, a alvenaria estrutural entrega um melhor acabamento quando comparado ao concreto armado. Isso porque no concreto armado há a montagem de fôrmas e muitas vezes os blocos são quebrados com a colher de pedreiro que muitas vezes, falta profissionalismo e técnica para uma boa execução. Os blocos de vedação por serem menores, necessita de uma maior atenção quanto ao prumo e nível enquanto os blocos maiores como os utilizados em alvenaria estrutural detêm de uma facilidade e produtividade maior.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Augusto Teixeira. **Análise de alternativas estruturais para edifícios em concreto armado**. São Carlos, 1999. 97 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

ALMEIDA, C.A. **Construções em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**: um breve panorama do empreendimento: aspectos do mercado, importância do planejamento e ações para prevenir falhas frequentes. 1990. Interciência, 1990.

ARAÚJO, Hércules Nunes; MUTTI, Cristine do Nascimento. **Análise da competitividade da Indústria da Construção Civil a partir da Teoria da Firma no Setor**. In: XXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2005. Porto Alegre. 2005. p. 1 - 8.

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado: de acordo com a nova NBR 6118**. 2. Editora. Rio Grande: Dunas, 2003.

ARCARI, Andrey. **Alvenaria estrutural e estrutura apertada de concreto armado: estudo comparativo de custo para execução de empreendimento habitacional de interesse social**. 2010. 76p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **A versatilidade do cimento brasileiro**, São Paulo, Disponível em: <https://abcp.org.br/cimento/tipos/?politica=sim>. Acessado em 18 de maio de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7ed. São Paulo, 2002. 28p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto – Procedimento – Segunda edição. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**: Componentes Cerâmicos – Procedimento – Parte 1: Blocos Cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2**: Componentes Cerâmicos – Procedimento – Parte 2: Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural – Terminologia e Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais — Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento – Primeira edição. Rio de Janeiro, 2003.

ASSAHI, P. N. **Sistema de fôrma para estruturas de concreto**. In: ISAIA, G. C. (editor). Concreto: ensino, pesquisa e realização. São Paulo, IBRACON, 2005, p. 407-437.

BASTOS, P. S. S. **Histórico e principais elementos estruturais de concreto armado**. Bauru: Unesp, 2006. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/14537093/historico-e-principais-elementos-estruturais-de-concreto-deecc>. Acessado em: 18 de maio de 2020.

BERR, L. R.; FORMOSO, C. T. **O método para a avaliação da qualidade de processos construtivos em ambientes habitacionais de interesse social**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p.77-96, 2012.

BECKENKAMP, C. M. **Dimensionamento estrutural e análise comparativa de custos de um edifício de alvenaria estrutural versus concreto armado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11624/1138>, Acessado em: 18 de maio de 2020.

DALDEGAN, E. **Concreto armado: definição e principais componentes**. Engenharia Concreta, [S.l.]. Disponível em: <https://engenhariaconcreta.com/concreto-armado-definicao-e-principais-componentes/>. Acessado em: 18 de maio de 2020.

FONTANA, S. M. P. A origem do concreto armado. O Século XX, Pelotas, 23 dez. 2014. Disponível em: <https://oseculoxx.blogspot.com/2014/12/a-origem-do-concreto-armado.html>. Acessado em: 18 de maio de 2020.

LEONHARDT F.; MÖNNIG E. **Construções de concreto: princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**, Editor: Interciência Ltda., Rio de Janeiro, 2008.

MACHADO, Julia Favretto. Trabalho de conclusão de curso. **Diretrizes para projetos em alvenaria estrutural – modulação e detalhamentos**. Santa Maria, 2014. Universidade Federal de Santa Maria.

PINHEIRO, Libânio M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. Notas de Aula - Universidade de São Carlos, São Carlos, 2010. Disponível em: [https://www.academia.edu/33208157/UNIVERSIDADE\\_DE\\_S%C3%83O\\_PAULO\\_FUNDAMENTOS\\_DO\\_CONCRETO\\_E\\_PROJETO\\_DE\\_EDIF%C3%8DCIOS](https://www.academia.edu/33208157/UNIVERSIDADE_DE_S%C3%83O_PAULO_FUNDAMENTOS_DO_CONCRETO_E_PROJETO_DE_EDIF%C3%8DCIOS). Acessado em: 18 de maio de 2020.

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

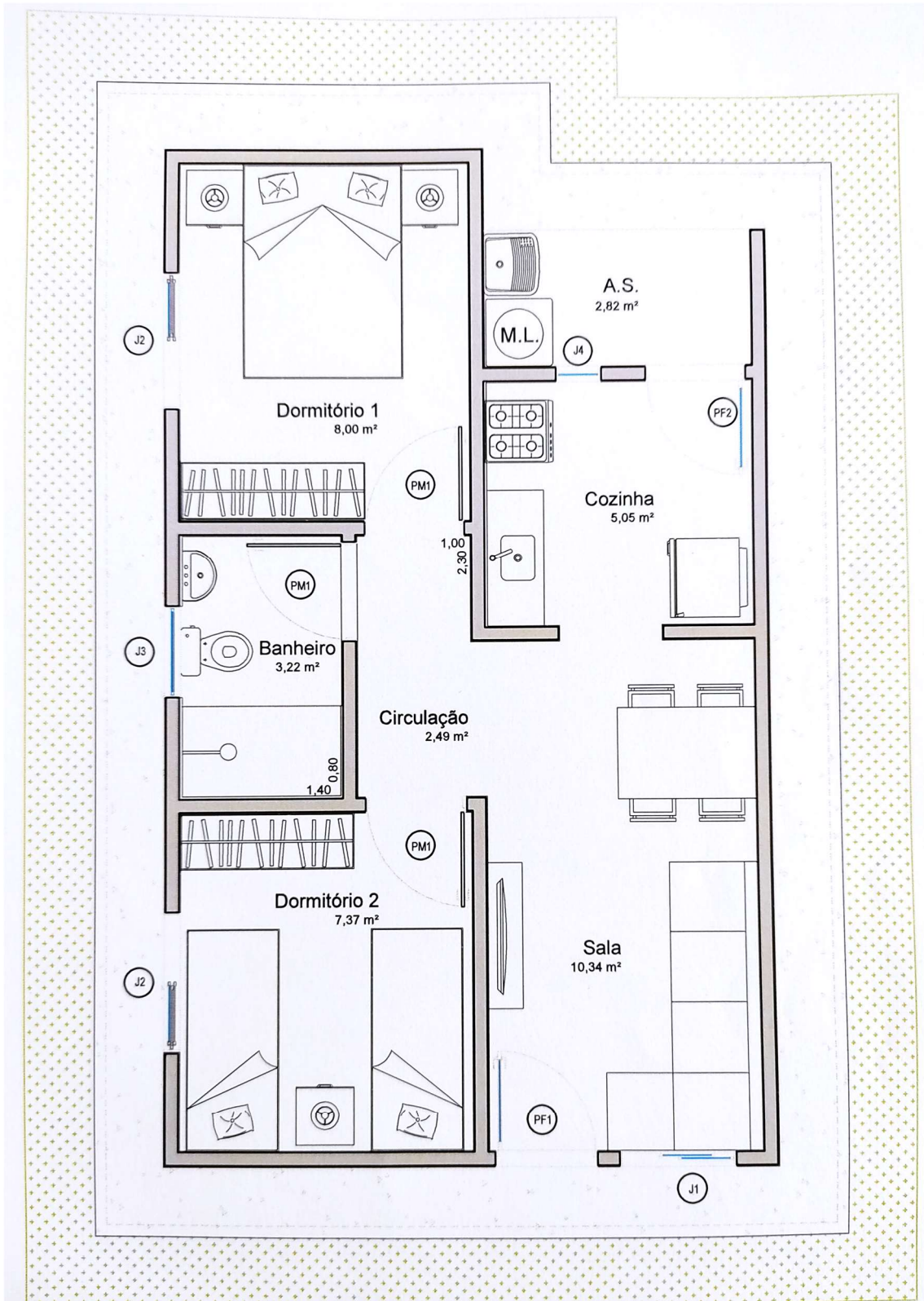
SOUZA, U.E.L. **Como medir a produtividade da mão de obra na construção civil**. 8º ENTAC, v.1 p.421-428, SALVADOR, 2000.

SOUZA, U.E.L.; AGOPYAN, V. **Estudo da Produtividade da Mão de Obra no Serviço de Fôrmas para Estruturas de Concreto Armado**. Boletim técnico da Escola Politécnica da USP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Paulo, 1996.

SABBATINI, F.H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. 321 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. 1. ed. São Paulo. Editora Pini. 2010.

# ANEXO 1 - PLANTA HUMANIZADA DE PROJETO



PLANTA HUMANIZADA