

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

NATAN HENRIQUE RAMOS

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS: PAREDE DE
CONCRETO MOLDADA IN LOCO E PAREDE DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

**Ilha Solteira
2023**

NATAN HENRIQUE RAMOS

**“ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS: PAREDE
DE CONCRETO MOLDADA IN LOCO E PAREDE DE ALVENARIA
ESTRUTURAL”**

Trabalho de Graduação apresentado à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –
UNESP como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Prof. Dr. Artur Pantoja Marques
Orientador

Ilha Solteira – SP

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Ramos, Natan Henrique.
R175e Estudo comparativo entre os métodos construtivos: parede de concreto moldada in loco e parede de alvenaria estrutural / Natan Henrique Ramos. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
48 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Artur Pantoja Marques

Inclui bibliografia

1. Parede de concreto. 2. Moldada in loco. 3. Alvenaria estrutural.

Natan Henrique Ramos

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS: PAREDE DE
CONCRETO MOLDADA *IN LOCO* E PAREDE DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto
ao Curso de Graduação em Engenharia
Civil, da Faculdade de Engenharia da
Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho", Câmpus de Ilha Solteira.

Aprovado em 10/07/2023

Comissão Examinadora


Prof. Dr. Artur Pantoja Marques
UNESP/FE - Ilha Solteira (Orientador)


Prof. Dr. Marco Antônio de Moraes Alcântara
UNESP/FE Ilha Solteira (Examinador)


Profa. Dra. Claudia Scoton Antonio Marques
UNIFUNEC/Santa Fé do Sul (Examinadora)

Ilha Solteira
10 de julho de 2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade de estar realizando um sonho e por ter me abençoado e me guiado em todas as decisões para que eu conseguisse chegar até aqui. Aos meus pais, agradeço por todo o apoio e suporte durante esses anos, sem vocês nada seria possível. Aos meus familiares, agradeço por todo incentivo.

À Universidade Estadual Paulista, em especial, ao Departamento de Engenharia Civil agradeço por todas as oportunidades acadêmicas vividas. Ao meu orientador Artur Pantoja Marques, agradeço por todo conhecimento compartilhado, ajuda e disposição para a elaboração deste trabalho.

Por fim, agradeço aos meus amigos de Goiatuba, Ilha Solteira e Campinas agradeço por todo companheirismo e incentivo, ter vocês ao meu lado fizeram com que essa trajetória se tornasse única.

RESUMO

As paredes de concreto têm se tornado uma tecnologia construtiva que se destaca nos canteiros de obra pela execução simultânea de estrutura e vedação em relação a parede de alvenaria estrutural. Neste sentido, este trabalho apresenta o estudo comparativo entre paredes feitas por alvenaria estrutural e por paredes de concreto moldadas *in loco*. Para esse estudo, realizou-se uma ampla pesquisa bibliográfica para analisar as vantagens e desvantagens de cada método, visita a obra para acompanhar o processo de construção das paredes de concreto, além da pesquisa orçamentária utilizando a Tabela SINAPI e os índices de produtividade da empresa analisada. O presente trabalho possibilitou novas percepções acerca dos métodos de vedação disponíveis no mercado e a importância de realizar uma comparação e análise orçamentária minuciosa, levantando os prós e contras de cada um.

Palavras-chave: parede de concreto, moldada *in loco*, alvenaria estrutural.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Obra com sistema de paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	13
Figura 2	- Moldes para concretagem de parede de plástico.....	15
Figura 3	- Moldes para concretagem de parede de plástico.....	16
Figura 4	- Moldes para concretagem de parede de madeira.....	16
Figura 5	- Armaduras utilizada em paredes de concreto: Aço em barra	18
Figura 6	- Armaduras utilizada em paredes de concreto: Aço em telas eletrossoldadas.....	19
Figura 7	- Paredes em alvenaria de vedação e alvenaria estrutural.....	23
Figura 8	- Parede em alvenaria estrutural. (a) desenho esquemático. (b) foto de obra.....	24
Figura 9	- Blocos utilizados na alvenaria estrutural.....	25
Figura 10	- Montagem da Fachada da obra analisada: vista frontal.....	30
Figura 11	- Montagem da Fachada da obra analisada: Vista superior.....	30
Figura 12	- Montagem da “Gaiola” da obra analisada: Vista frontal.....	31
Figura 13	- Montagem da “Gaiola” da obra analisada: Vista superior.....	31
Figura 14	- Formas internas da obra analisada montadas e com os travamentos	32
Figura 15	- Formas internas montadas com os travamentos e acessórios.....	32
Figura 16	- Montagem da Laje da obra analisada: Vista superior.....	33
Figura 17	- Montagem da Laje da obra analisada: Vista frontal.....	33
Figura 18	- Realização da Concretagem da Laje na obra analisada.....	34
Figura 19	- Fluxograma de Montagem.....	41
Figura 20	- Fluxograma de execução da parede de concreto moldada <i>in loco</i>	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Tipos de concretos mais utilizados em paredes de concreto moldada <i>in loco</i>	17
Tabela 2	- Análise comparativa entre as vantagens e desvantagens da parede de concreto moldada <i>in loco</i>	28
Tabela 3	- Análise comparativa entre as vantagens e desvantagens da parede de alvenaria estrutural.....	28
Tabela 4	- Pesquisa orçamentária para paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	36
Tabela 5	- Quantitativos de colaboradores para paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	36
Tabela 6	- Pesquisa orçamentária para paredes de alvenaria estrutural.....	37
Tabela 7	- Análise orçamentária comparativa entre parede de concreto moldada <i>in loco</i> e paredes de alvenaria estrutural.....	37
Tabela 8	- Comparação dos cronogramas de construção de parede moldada <i>in loco</i> versus parede em alvenaria estrutural.....	43

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	100
2.	OBJETIVO	111
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3.	REVISÃO LITERÁRIA	122
3.1.	PAREDE DE CONCRETO MOLDADA IN LOCO	122
3.1.1.	Componentes e Preenchimento	133
3.1.2.	Normas	199
3.1.3.	Vantagens e desvantagens da parede de concreto moldada <i>in loco</i>	21
3.2.	PAREDE DE ALVENARIA ESTRUTURAL	222
3.2.1.	Componentes.....	244
3.2.2.	Vantagens e Desvantagens da Alvenaria Estrutural	266
4.	METODOLOGIA.....	29
4.1.	ESTUDO DE CASO: VISITA À OBRA.....	29
4.2.	ANÁLISE ECONÔMICA	344
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	355
5.1.	ANÁLISE ECONÔMICA COMPARATIVA	355
5.2.	ESTUDO DE CASO EM OBRA DE CONDOMÍNIO RESIDENCIAL.....	39
5.2.1.	Registros de Visita à obra.....	39
5.2.2.	Cronograma de execução da obra	422
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	444
7.	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	466
	ANEXO A – Planta dos Pavimentos Térreo e Tipo da Obra analisada....	49

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, com o cenário pós pandemia, a construção civil no Brasil se encontra resiliente e com uma expectativa de alta em até 2,5% no ano de 2023, segundo estimativa da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2023). Este cenário incentiva a busca por métodos e práticas de construção cada vez mais inovadores com o objetivo de conquistar o mercado, visando sempre melhorar os custos e prazos impostos pela obra.

Uma das estruturas de construções civis muito utilizadas nos dias de hoje, no Brasil, é a parede de concreto moldada *in loco*. Esse método construtivo surgiu no mercado com o objetivo de aumentar a produtividade, reduzir custos e perdas, diminuir a mão de obra necessária, diminuir os prazos de obra, além de trazer uma maior qualidade nas residências.

Segundo Sacht (2011), o método construtivo de parede de concreto *in loco* existe no Brasil desde os anos 1980, porém só vem ganhando espaço no mercado há pouco tempo, com os programas de incentivo financeiro. Devido ao alto custo da forma metálica, material utilizado nesse tipo de obra, é recomendado apenas para empresas que tenham alta demanda de obras, e que tenham grande repetitividade, a fim de diminuir o valor entre os projetos (NAKAMURA, 2013).

A principal diferença entre paredes de concreto *in loco* e os métodos construtivos mais tradicionais, como, por exemplo, as paredes de alvenaria estrutural, é que o primeiro utiliza formas que são montadas no local da obra e depois preenchidas com concreto, já com as instalações hidráulicas e elétricas embutidas, garantindo menor geração de resíduos e maior agilidade na obra (MARTINS e BERTEQUINI, 2020).

Como o método construtivo em questão tem sido cada vez mais procurado pelas construtoras nos últimos anos, com tendência de crescimento, torna-se é importante realizar o estudo da tecnologia parede de concreto armado moldado *in loco*, apresentando a maneira como é realizada a montagem e concretagem, apresentando também suas vantagens e desvantagens. além de realizar uma breve comparação entre este método e o de paredes em alvenaria estrutural.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como principal objetivo estudar e comparar os métodos de construção de parede utilizando concreto moldado in loco e alvenaria estrutural, levantando as principais vantagens e desvantagens de cada método.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um estudo da literatura sobre os métodos de construção abordados;
- Realizar a análise econômica de cada método utilizando a Tabela SINAPI e os índices de produtividade da empresa analisada,
- Estudo de caso com visita à obra residencial na cidade de Campinas-SP e, por fim,
- Comparar os processos de construção de parede de concreto moldada in loco (com dados e informações da visita à obra) e de parede em alvenaria estrutural (pesquisa na literatura e Tabela SINAPI).

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. PAREDE DE CONCRETO MOLDADA IN LOCO

O concreto é uma mistura composta por cimento, água, areia e pedra. As paredes de concreto, por sua vez, são aquelas estruturadas com grandes moldes, seja em policloreto de vinila (PVC), poliestireno (EPS) ou metálicos, não existindo vigas ou pilares. Ou seja, os moldes são montados de acordo com a estrutura necessárias e, então, preenchidos com o concreto. Este tipo de parede de concreto é recomendado principalmente para empreendimentos que trabalhem com a padronização e em série, como por exemplo, conjuntos habitacionais populares (NUNES, 2011).

Existem determinados tipos de processos para construir estruturas de concreto. Estas podem ser pré-moldadas, quando a fabricação ocorre em uma unidade de produção (em um canteiro de obras ou em uma usina) e pode, também, ser moldada no local definitivo de utilização (conhecida como moldada *in loco*). A expressão *in loco* é originária do latim e significa “no próprio” ou “no lugar”. Na construção civil, esse termo é utilizado para representar os elementos construídos no próprio local da obra, assim, a parede de concreto é feita diretamente na sua área final (MORQUECHO, 2016).

A utilização da tecnologia de produção de paredes de concreto moldadas no local deu-se no início da década de 80, na construção de empreendimentos de grande escala e que apresenta alta repetitividade, como paredes de habitações populares em conjuntos habitacionais (LORDSLEEM et al., 1998).

Em 2009, o Governo Federal brasileiro criou o programa Minha Casa Minha Vida, um programa social com o objetivo de diminuir o déficit habitacional do país. Este programa foi um importante impulsionador do crescimento do sistema construtivo de paredes de concreto, o qual contribuiu para uma atmosférica construtiva cada vez mais industrializada, onde paredes de concreto se encaixam perfeitamente (BRAGUIM, 2013).

De maneira simplificada, o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* consiste em ter moldes que compreendem todas as paredes e lajes, sendo depois concretadas de uma só vez. O conjunto de lajes e paredes forma uma grande peça estrutural única e contínua, capaz de distribuir os esforços sobre toda a área de

solicitação, caracterizando uma estrutura de concreto armado monolítica. Isso proporciona um diferencial em relação aos métodos tradicionais: integração das etapas e maior eficiência da edificação a ser construída (COSTA, 2013). A Figura 1 ilustra o preenchimento de um molde com concreto, moldado *in loco*.

Figura 1 – Obra com sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*.



Fonte: Lorenceto (2018).

O sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* não se limita a determinado tipo de construção, é de certa forma flexível as necessidades da obra, podendo ser usado em construção de casas térreas, sobrados, edifícios de até 30 pavimentos e, em casos especiais e específicos, edifícios com mais de 30 pavimentos (ABCP, 2007).

3.1.1. Componentes e Preenchimento

Os principais componentes de paredes de concreto são: forma/molde, concreto e armação. A norma NBR 16055 (ABNT, 2012) prevê que o conjunto desses elementos deve gerar um produto que resista a todos os esforços da estrutura, conserve a segurança e promova estabilidade.

Segundo Macedo (2016), as características referentes às paredes de concreto moldadas *in loco* são usualmente:

- Paredes e lajes com espessura de 10cm, além de utilização de armação de telas de aço com malha quadricular de 100mm e diâmetro de 4,2mm;
- Espera-se resultado no *slump test* de uma consistência em torno de 22 ± 2 cm;
- Tem-se uma resistência média à compressão do concreto, aos 28 dias, de 25 MPa e resistência mínima na desforma de 3MPa.

De acordo com Misurelli e Massuda (2009), a utilização do concreto nas formas é um processo que necessita atenção e alguns parâmetros devem ser considerados, como: material da forma, características do concreto, dimensionamento de cargas, entre outros.

As formas são estruturas responsáveis para resistir a todas as pressões do concreto durante o seu lançamento, bem como, deve assegurar a geometria das peças que estão sendo moldadas. Durante a escolha do tipo de forma, visando potencializar a produtividade e a economia de materiais, há uma grande quantidade de fatores a serem considerados, por exemplo (MACEDO, 2016):

- A durabilidade do material escolhido para a forma e o dimensionamento da quantidade de reutilizações possíveis com ele;
- O conhecimento da equipe responsável quanto ao manuseio e montagem do material;
- O peso por m² dos materiais visando uma facilidade de transporte dos materiais dentro da obra.

Existem algumas possibilidades de materiais para elaboração das formas, os mais utilizados são: plástico, madeira ou alumínio. As formas de plástico possuem como principais características a leveza e a facilidade de manuseio dos painéis, utilizando-se *plugs* do tipo “macho e fêmea” para o encaixe entre peças. Já as formas confeccionadas com madeira são as mais conhecidas e tradicionais, utilizadas em obras antigas e perpetuando ao cenário atual. Desta forma, há uma grande familiaridade em seu manuseio, o que torna o processo efetivo. Além disso, possui custos inferiores e grande capacidade de adaptação às necessidades da estrutura em questão. Embora exista familiaridade com o seu processo, em grande

maioria, é utilizada por mão de obra com menores capacitações e disponibilidade de equipamentos, podendo ser um ponto de atenção dentro da agilidade do processo. Os moldes de madeira, entretanto, gera grande quantidade de resíduo no descarte desses materiais quando não são mais reutilizáveis (SANTOS, 2017).

As formas com maior procura são as de alumínio, visto que possuem uma elevada resistência, possibilitando a reutilização dos materiais até 2 mil vezes. Dessa forma, são consideradas com maior índice de sustentabilidade, uma vez que irão produzir menos passivos ambientais. Por outro lado, conta com dois grandes pontos de desvantagem: o alto preço para a aquisição e a necessidade de uma grande assertividade quanto às dimensões das placas perante a estrutura a ser concretada, dificultando a alteração nas medidas e tornando o processo menos flexível (CAMBRAIA, 2017).

As Figuras 2, 3 e 4 ilustram os três moldes para paredes de concreto moldada *in loco*, abordados anteriormente.

Figura 2 - Moldes para concretagem de parede de plástico.



Fonte: Adaptado de Ferraz (2018).

Figura 3 - Moldes para concretagem de parede de plástico.



Fonte: Adaptado de Ferraz (2018).

Figura 4 - Moldes para concretagem de parede de madeira.



Fonte: Adaptado de Ferraz (2018).

O concreto pode ser preparado por uma empresa especializada ou na própria obra, existindo assim uma responsabilidade pelo técnico responsável pela preparação. Os concretos utilizados devem necessariamente passar por ensaios seguindo a respectiva norma NBR. A depender de algumas características no estado ou composição do concreto, pode ser necessário outros tipos de testes. São 4 os tipos de concretos mais utilizados nestas estruturas, mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de concretos mais utilizados em paredes de concreto moldada *in loco*.

Tipo	Descrição	Massa específica (kg/m³)	Resistência à compressão mínima (MPa)
L1	Concreto celular	1500 a 1600	4
L2	Concreto com agregado leve	1500 a 1800	20
M	Concreto com ar incorporado	1900 a 2000	6
N	Concreto autoadensável	2000 a 2800	20

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2021).

O concreto celular, ou também chamado de concreto aerado, possui em sua composição ar, areia, cimento, fibras e água. Além disso, possui a particularidade de não ter em sua composição agregados convencionais, como brita ou cascalho, e sim espuma previamente produzida na betoneira. Pode ser utilizado pó de alumínio que, em contato com os álcalis do cimento, gera gás hidrogênio em reações químicas. Segundo Neville (2015), essas características proporcionam um concreto fluido e de fácil lançamento.

Já o concreto com agregado leve tem característica principal de leveza devido à sua composição utilizando argila, isopor e bolhas de ar. Ele possui boa performance em termos de isolamento térmico e acústico, mas seus níveis de resistência são inferiores quando comparado ao concreto celular e ao concreto com ar incorporado. É indicado o uso de apenas argila expandida como agregado graúdo para esse tipo de concreto (GOMES, 2015).

O concreto com alto teor de ar incorporado é um tipo de concreto no qual é adicionado ar comprimido na mistura para aumentar o nível de ar incorporado no concreto fresco. Possui um teor de ar em torno de 9%, segundo Ferreira e Castro (2022). Este concreto é bem semelhante ao concreto celular e é bastante utilizado

em edifícios de até dois pavimentos. Ele possui uma melhor resistência à corrosão devido a menor impermeabilidade.

Por fim, o concreto autoadensável possui a capacidade de preencher espaços com maior facilidade, sem o uso de máquina de vibração. Ele é produzido adicionando um aditivo especial chamado de superplastificante, que aumenta a fluidificação da mistura de cimentos e agregados. Possui grande aplicação na confecção de pré-moldados, recobrimentos e revestimentos (FERREIRA e CASTRO, 2022).

O último componente que constitui a parede de concreto moldada *in loco* é a armadura. As armaduras utilizadas nesse sistema de construção são feitas de aço e devem atingir três objetivos principais: resistir a esforços de flexo-torção nas paredes, estruturar e fixar as tubulações (elétrica, hidráulica, gás) e controlar a retração do concreto (MACEDO, 2016).

Segundo a ABCP (2007), existem dois tipos de armadura que são utilizadas nas paredes e lajes. O primeiro tipo consiste em telas de aço eletrossoldadas e o segundo, aço em barras. As telas soldadas são comumente usadas no eixo das paredes e barras em pontos estratégicos, como em cintas, vergas e contra-vergas. As Figuras 5 e 6 ilustram esses tipos de armadura.

Figura 5 – Armaduras utilizada em paredes de concreto: Aço em barra.



Fonte: Adaptado de Macedo (2016).

Figura 6 – Armaduras utilizada em paredes de concreto: Aço em telas eletrossoldadas.



Fonte: Adaptado de Macedo (2016).

A armadura deve ser montada seguindo fielmente o projeto estrutural e estar de acordo com as especificações do projetista. Na obra, as armaduras não devem ser estocadas em contato direto com o solo e todas as peças devem ser identificadas para evitar erros e confusões, NBR 16055 (ABNT, 2012).

A NBR 16055/2012 exige que o processo de ancoragem dos componentes de armadura deve seguir o que estabelece o projeto da estrutura de parede de concreto, evitando modificações aleatórias.

3.1.2. Normas

Quando chegou ao Brasil, as paredes de concreto eram projetadas e construídas sem função estrutural, pois ainda não havia estudo suficiente sobre sua utilização como elemento estrutural. Com a publicação da norma e maior familiarização dos engenheiros estruturais, atualmente as paredes de concreto são armadas e exercem essa função (NUNES, 2011).

Com o crescimento da utilização dos sistemas de parede de concreto, foi necessária a implantação da norma ABNT NBR 16055 (2012) (Norma Brasileira Regulamentadora - Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos), a qual estabelece os requisitos e procedimentos básicos para o sistema construtivo de paredes de concreto. De acordo com a norma, publicada em 10 de maio de 2012, as paredes de concreto podem ser definidas como elementos estruturais autoportantes, moldados no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capazes de suportar carga no mesmo plano da parede (CORSINI, 2011).

De acordo com Corsini (2011), a NBR-16055 foi criada por as paredes de concreto serem diferentes de pilares com paredes. Diversas considerações são diferentes devido atenuantes em alguns pontos da armação, por ser um elemento de superfície, além de se preocupar com diversas outras questões que não estão detalhadas na NBR-6118 (ABNT, 2014) (Projeto de Estruturas de Concreto - Processo), já que ela não está voltada para esse tipo de estrutura (CORSINI, 2011).

Na parede de concreto, não se deve lançar um concreto pouco plástico, pois assim não será possível vibrá-lo. Portanto, a norma NBR-16055 não está visando as condições para que o sistema simplesmente fique em pé, mas sim, nas diversas condições para que o sistema seja executado de uma forma melhor e difundido pelo melhor desempenho (PONZONI, 2013).

Em resumo, a NBR 16055:2012 informa alguns itens como: uso de concreto comum ou autoadensável, com densidade normal de $2,0 \text{ tf/m}^3$ a $2,8 \text{ tf/m}^3$, com resistência característica à compressão aos 28 dias entre 20 MPa e 40 MPa. Além disso, estabelece também o uso de telas soldadas distribuídas em toda a parede, com armaduras mínimas indicadas na norma e especificações indicadas na ABNT NBR 7481 (ABNT NBR 16055, 2012).

Para paredes com altura de até 3 m, sua espessura mínima deve ser de 10 cm, sendo permitidas espessuras menores de até 8 cm apenas em paredes internas de edificações de até dois pavimentos. Para paredes com alturas maiores, a espessura mínima deve ser $1/30$ do menor valor entre a altura e metade do comprimento equivalente da parede (CORSINI, 2011; MACEDO, 2016).

As paredes com espessura maiores que 15 cm ou sujeitas a esforços horizontais e/ou momentos fletores, exigem a utilização de duas telas. Para paredes de até 15 cm, utiliza-se apenas uma tela. (ABNT NBR 16055, 2012).

O espaçamento máximo das juntas de controles verticais deve ser determinado através de dados de ensaios específicos, pois servem para prevenir o surgimento de fissuras. Além disso, deve-se prever uma junta de controle imediatamente sob última laje, em face da dilatação da mesma (ABNT NBR 16055, 2012).

No que diz respeito as instalações, podem ser embutidas tubulações verticais atendendo as exigências descritas na norma, quando:

- A diferença de temperatura no contato entre tubulação e concreto não ultrapassar 15°;
- A pressão interna da tubulação for menor que 0,3 MPa;
- O diâmetro máximo for de 50mm;
- O diâmetro não ultrapassar 50% da espessura da parede para armações com uma tela, ou 66% para armações com duas telas, desde que possua cobertura mínimo de 50mm para cada lado e os tubos metálicos não encostem nas armaduras (evitando corrosão galvânica).

Já as tubulações horizontais não são admitidas, a não ser em trechos de até um terço do comprimento da parede, não ultrapassando 1 m (desde que este trecho seja considerado não estrutural). E ambas não são permitidas em encontros de paredes (ABNT NBR 16055, 2012).

3.1.3. Vantagens e desvantagens da parede de concreto moldada *in loco*

Segundo Misurelli e Massuda (2009), o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* é recomendável para empreendimentos que têm alta repetitividade, como condomínios horizontais ou com muitos blocos. Suas principais vantagens do método construtivo de paredes de concreto moldada *in loco* são:

- Alta velocidade de execução: é possível diminuir 50% do tempo que se levaria em uma obra convencional;
- Racionalização dos serviços: os operários são multifuncionais e executam todas as tarefas, como armação, instalação, montagem, concretagem e desforma.

- Mão de obra não especializada: não há necessidade de profissionais especializados nesse tipo de construção, exigindo apenas um treinamento;
- Garantia nos prazos de entrega: devido a alta velocidade de execução da obra;
- Diminuição dos custos indiretos: ligado a redução do tempo de obra e da diminuição de mão de obra quando comparada ao sistema tradicional;
- Maior qualidade e desempenho técnico: devido a alta repetitividade;
- Menor geração de resíduos: reduz o desperdício e geração de entulhos;
- Industrialização da produção: utilização de materiais e equipamentos automatizados;
- Simplificação de tarefas: devido a sequência ordenada de trabalho;
- Aumento da área útil da habitação: a espessura das paredes geralmente é menor.

As principais desvantagens do sistema, assim como apontadas por Macedo (2016), são:

- Como as formas são moldadas para cada projeto, na maioria dos casos, não são reutilizáveis;
- Caso sejam necessárias reformas, os custos serão altos devido ao trabalho necessário para a quebra das paredes;
- Custo é função da reutilização das fôrmas e da velocidade de execução;
- Necessidade de equipamentos de grande porte para transporte das fôrmas ou do volume de concreto requerido;
- Os acessórios necessários para as fôrmas são específicos, com poucas opções no mercado.

3.2. PAREDE DE ALVENARIA ESTRUTURAL

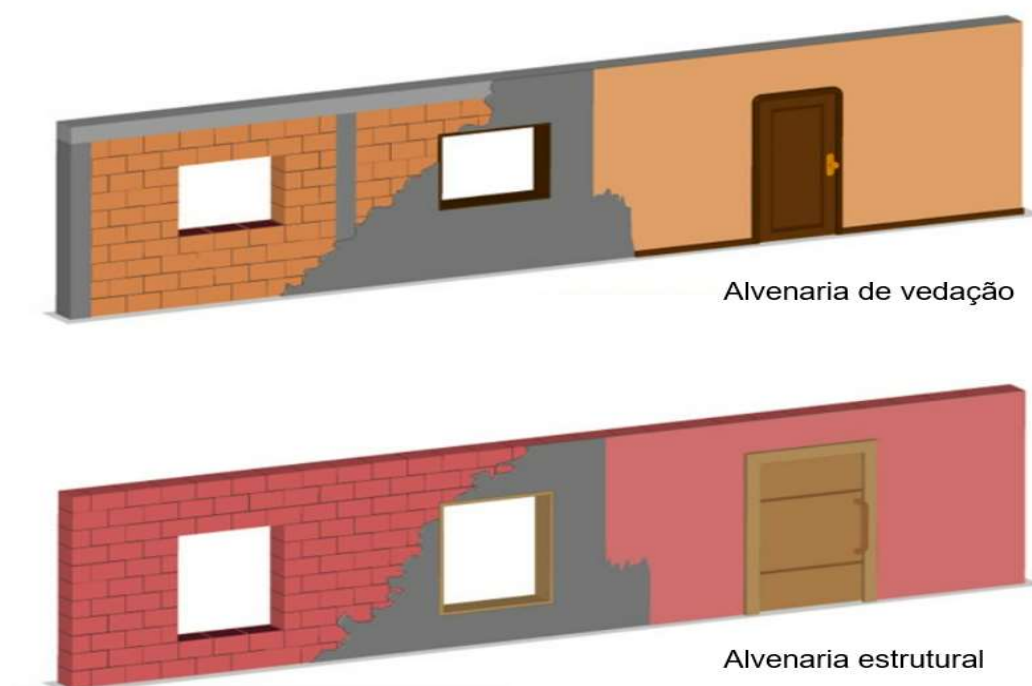
De acordo com França (2021), alvenaria é toda obra construída por meio de pedras naturais tijolos ou blocos de concreto que tem por objetivo oferecer resistência, durabilidade e impermeabilidade. A utilização de tijolos garante a resistência e durabilidade. A impermeabilização é garantida com a utilização de produtos específicos.

A alvenaria pode ser dividida em duas: alvenaria estrutural e alvenaria de vedação. A principal diferença entre elas é que a alvenaria estrutural apresenta

função de substituir as vigas e os pilares de uma estrutura. Por outro lado, a alvenaria de vedação não é dimensionada para suportar cargas verticais, somente seu próprio peso, ou seja, tem a função de apenas vedar os vãos das paredes (BERTI e RAFAEL, 2019).

A Figura 7 ilustra paredes construídas pelos tipos de alvenaria apresentados, sendo alvenaria convencional e alvenaria estrutural, respectivamente.

Figura 7 – Paredes em alvenaria de vedação e alvenaria estrutural.



Fonte: Adaptado de Blog Astra (2016).

Para a construção das paredes, é fundamental garantir o emprego de blocos com dimensões e resistência adequadas. Além disso, estas unidades devem apresentar relações apropriadas entre suas medidas, para possibilitar definida amarração entre elas (IZQUIERDO, 2015).

A Figura 8 mostra detalhes da construção de uma parede em alvenaria estrutural.

Figura 8 – Parede em alvenaria estrutural. (a) desenho esquemático. (b) foto de obra.



(a)



(b)

Fonte: Adaptado de Ecivil (2021).

3.2.1. Componentes

Os principais componentes da alvenaria estrutural são: blocos, argamassa, graute e armadura.

A alvenaria deste processo pode ser maciça ou vazada, sendo a maciça denominada tijolo e a vazada, bloco. Os blocos mais utilizados para esse sistema são os de concreto, de cerâmica e os silico-calcáreos. Tais blocos são os elementos básicos desse sistema e são responsáveis por algumas características técnicas finais, como a resistência estrutural da edificação (CORRÊA e RAMALHO, 2003).

Os blocos utilizados na alvenaria estrutural são diferentes daqueles usados em construções em que a alvenaria tem função de vedação. Os blocos estruturais podem ser feitos de cerâmica ou concreto e são capazes de suportar mais do que seu próprio peso, adquirindo a função estrutural da obra. A Figura 9 indica os principais tipos de blocos utilizados na alvenaria estrutural.

Figura 9 – Blocos utilizados na alvenaria estrutural.



Fonte: Adaptado de Jarfel (2017).

A argamassa é uma massa originada da mistura de cimento, areia, água e cal, podendo receber aditivos de acordo com a necessidade. Seu objetivo é unir os blocos e distribuir uniformemente as tensões, apresentando uma boa trabalhabilidade, capacidade de reter água e de sustentar os blocos e uma boa resistência mecânica (CAMACHO, 2006).

O graute é composto dos mesmos materiais usados para produzir concreto convencional, porém com o agregado graúdo de pequena dimensão e uma diferente proporção de água/cimento. Ele é utilizado para preencher os vazios dos blocos, aumentando a resistência à compressão da alvenaria. Portanto, é necessário que sua consistência seja coesa e apresente fluidez adequada para o preenchimento de todos os vazios a que ele for aplicado (MACEDO, 2016).

A armadura de concreto é uma estrutura de aço incluída no concreto para dar-lhe resistência mecânica adicional e capacidade de suportar cargas. A armadura é composta por barras ou fios de aço que são dispostos em uma determinada configuração dentro do concreto enquanto ele está fresco, sendo projetada para resistir às tensões de tração que ocorrem quando o concreto é carregado. As armaduras empregadas na alvenaria estrutural são as mesmas

utilizadas no concreto armado e estão sempre presentes na forma de armadura construtiva ou de cálculo (nas quinas da construção garantindo a amarração ou no restante da edificação para aumento de resistência de tensões (CAMACHO, 2006).

3.2.2. Vantagens e Desvantagens da Alvenaria Estrutural

De acordo com Grubler (2021), a alvenaria estrutural oferece inúmeras vantagens técnicas e executivas quando comparada aos demais tipos de sistemas construtivos, porém, ela impõe restrições que podem ser compreendidas como grandes desvantagens para a realização da obra.

As principais vantagens apresentadas por Grubler (2021) são:

- Economia de custo e tempo da obra;
- Técnica executiva simplificada e eficiente;
- Redução no uso de fôrmas de madeira, armaduras e concreto;
- Facilidade de integração com outros subsistemas;
- Significativa redução de quebras e desperdícios de materiais;
- Menor gasto e redução de espessuras nos revestimentos;
- Elevada resistência ao fogo, bom isolamento térmico e acústico;
- Durável, exigindo pouca manutenção.

Como desvantagens, este tipo de estrutura apresenta:

- Limitação do projeto arquitetônico;
- Limitação de grandes vãos e balanços;
- Exigência na organização e planejamento na obra;
- Treinamento e supervisão da mão de obra, por vezes desqualificada;
- Cuidado com materiais, no recebimento, estocagem e fluxo de distribuição;
- Impossibilidade de remoção de paredes em uma reforma

3.3. PAREDE DE CONCRETO MOLDADA *IN LOCO* VERSUS PAREDE DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Como visto neste capítulo, a parede de concreto moldada *in loco* e a parede de alvenaria estrutural são duas opções diferentes para construir paredes estruturais em um edifício.

Em resumo, a parede de concreto moldada *in loco* é feita à medida no local da construção, utilizando uma mistura de cimento, água, areia e pedra. Essa mistura é colocada em formas, onde é moldada e endurecida até atingir sua resistência final. Paredes de concreto moldadas *in loco* são conhecidas por sua alta resistência e durabilidade, e oferecem um bom isolamento térmico e acústico.

Já a alvenaria estrutural é feita com blocos ou tijolos de concreto ou cerâmica, que são colocados lado a lado e unidos com argamassa. Esse tipo de alvenaria é caracterizado por sua alta resistência mecânica, alta inércia térmica, resistência ao fogo, e por ser um material resistente à umidade, incêndios e outros agentes agressores. Além disso, paredes de alvenaria estrutural são consideradas mais leves do que as de concreto moldadas *in loco* e geralmente são mais fáceis de trabalhar (LARA e PILONETTO, 2016).

Em geral, a escolha entre as duas opções dependerá das especificações do projeto, incluindo o uso do imóvel, desempenho, requisitos de isolamento, resistência às intempéries, etc., como também levando em consideração as vantagens e desvantagens de cada método:

Em resumo, a Tabela 2 apresenta as principais vantagens e desvantagens da parede de concreto moldada *in loco*, enquanto a tabela 3 apresenta as principais vantagens e desvantagens da parede de alvenaria estrutural.

Tabela 2 – Análise comparativa entre as vantagens e desvantagens da parede de concreto moldada *in loco*.

Parede de Concreto Moldada in loco	
Principais Vantagens	Principais Desvantagens
Técnica executiva simplificada e eficiente;	Limitação do projeto arquitetônico;
Redução no uso de fôrmas de madeira, armaduras e concreto;	Limitação de grandes vãos e balanços;
Significativa redução de quebras e desperdícios de materiais;	Exigência na organização e planejamento na obra;
Menor gasto e redução de espessuras nos revestimentos;	Treinamento e supervisão da mão de obra, por vezes desqualificada;
Elevada resistência ao fogo, bom isolamento térmico e acústico;	Cuidado com materiais, no recebimento, estocagem e fluxo de distribuição;
Durável, exigindo pouca manutenção.	Impossibilidade de remoção de paredes em uma reforma.

Fonte: Próprio Autor.

Tabela 3 – Análise comparativa entre as vantagens e desvantagens da parede de alvenaria estrutural.

Parede de Alvenaria Estrutural	
Principais Vantagens	Principais Desvantagens
Técnica executiva simplificada e eficiente;	Limitação do projeto arquitetônico;
Redução no uso de fôrmas de madeira, armaduras e concreto;	Limitação de grandes vãos e balanços;
Significativa redução de quebras e desperdícios de materiais;	Exigência na organização e planejamento na obra;
Menor gasto e redução de espessuras nos revestimentos;	Treinamento e supervisão da mão de obra, por vezes desqualificada;
Elevada resistência ao fogo, bom isolamento térmico e acústico;	Cuidado com materiais, no recebimento, estocagem e fluxo de distribuição;
Durável, exigindo pouca manutenção.	Impossibilidade de remoção de paredes em uma reforma.

Fonte: Próprio Autor.

4. METODOLOGIA

Este tópico apresentará como foi desenvolvida a análise comparativa entre os métodos de construção alvenaria estrutural e parede de concreto moldada *in loco*, detalhando a análise econômica e visita a obras dos métodos estudados. O método escolhido para se atingir o objetivo da pesquisa foi o estudo de caso que, segundo Yin (2001, p.32): “é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, que responder a questões do tipo “como” e “por quê” e quando o pesquisador possui pouco controle sobre os eventos pesquisados.

O estudo de caso permitiu analisar numa única obra os diferentes métodos construtivos, objeto de estudo, permitindo reunir tanto quanto possível, informações numerosas e detalhadas para atingir o objetivo da pesquisa

4.1. ESTUDO DE CASO: VISITA À OBRA

A fim de analisar os diferentes métodos de construção, algumas visitas foram realizadas durante a confecção deste trabalho. Visitou-se a obra de um condomínio residencial com parede de concreto moldada *in loco*, acompanhada pela empresa analisada e localizada em Campinas-SP.

A partir das visitas realizadas, foi possível colher materiais importantes para o estudo comparativo entre os dois métodos de construção, como fotos e informações dadas pelo Engenheiro da obra, como as Figuras de 10 a 18:

Figura 10 - Montagem da Fachada da obra analisada: vista frontal.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 11 - Montagem da Fachada da obra analisada: Vista superior.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 12 - Montagem da “Gaiola” da obra analisada: Vista frontal.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 13 - Montagem da “Gaiola” da obra analisada: Vista superior.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 14 – Formas internas da obra analisada montadas e com os travamentos.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 15 – Formas internas montadas com os travamentos e acessórios.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 16 – Montagem da Laje da obra analisada: Vista superior.



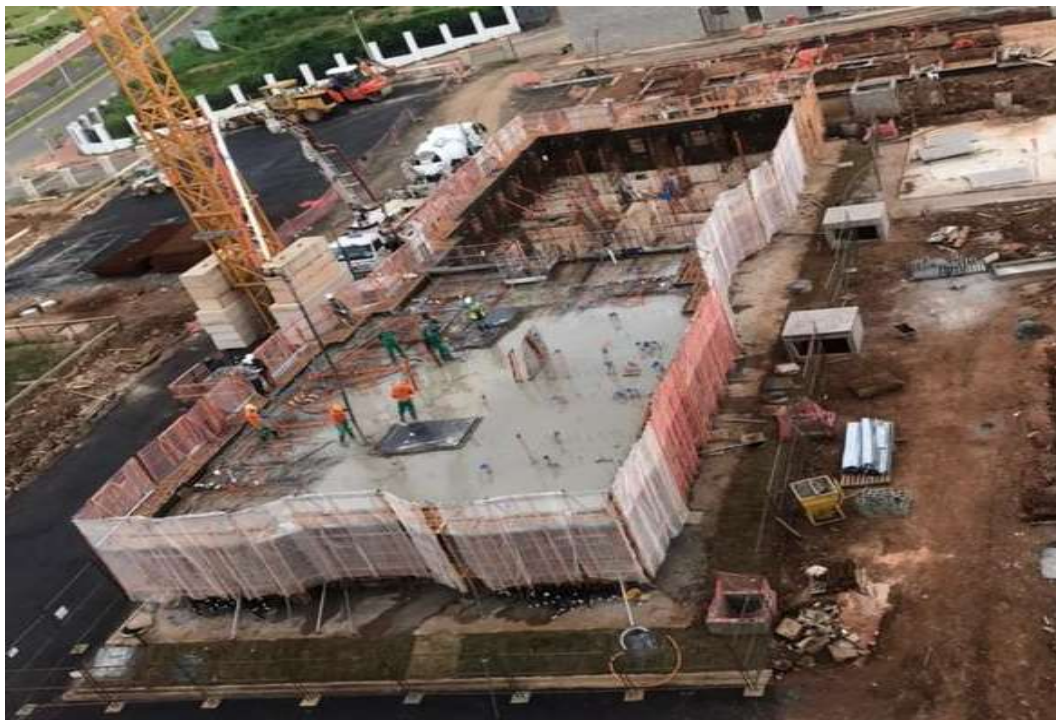
Fonte: Próprio Autor.

Figura 17 – Montagem da Laje da obra analisada: Vista frontal.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 18 – Realização da Concretagem da Laje na obra analisada.



Fonte: Próprio Autor.

4.2. ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica dos materiais utilizados para a construção da obra foi realizada por meio da tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), a qual é realizada e divulgada pela Caixa Econômica Federal. Além da Tabela SINAPI, utilizou-se também os índices de produtividade da empresa analisada para os cálculos orçamentários.

Os dados obtidos da análise econômica foram organizados em tabelas a partir do *software* Excel. Vale ressaltar que os orçamentos foram supervisionados e revisados pelo Engenheiro responsável pela obra, colaborador da empresa analisada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho, acerca da análise econômica realizada, visitas às obras e estudo da literatura serão apresentados nesse capítulo, bem como a análise de qual o melhor método de construção, se alvenaria estrutural ou parede de concreto moldada *in loco*, para a obra de um condomínio residencial, estão descritos neste capítulo.

5.1. ANÁLISE ECONÔMICA COMPARATIVA

A tabela SINAPI foi escolhida para fazer a análise econômica por ser uma ferramenta de custos confiável que reflete a realidade das construções, incluindo materiais, equipamentos e mão de obra, bem como as inovações tecnológicas atuais. Isso ocorre porque suas referências são revisadas periodicamente. Além da tabela SINAPI, também foi considerado os índices de produtividade da empresa analisada para a elaboração dos orçamentos. Dessa forma, foi possível ter uma visão mais precisa dos custos envolvidos na construção, levando em conta as particularidades da empresa e do mercado. Os orçamentos gerados a partir da tabela SINAPI estão disponíveis nas Tabelas 2, 3 e 4, com base nos dados de dezembro de 2022.

Tabela 4 - Pesquisa orçamentária para paredes de concreto moldadas *in loco*.

1. MATERIAL						
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL	% DO VALOR DA ESTRUTURA
1.1	ARGAMASSA ENSACADA COLANTE AC-III	Kg	2.324,24	R\$ 1,38	R\$ 3.195,83	0,10%
1.2	DESMOLDANTE LIQ. - ALUM/CONCRETO 200L	TMB	48,48	R\$ 1.762,00	R\$ 85.421,76	2,80%
1.3	ARAME A C;CIRC;1,24MM	KG	128,10	R\$ 12,84	R\$ 1.644,81	0,05%
1.4	ESPACADOR PARA ARMACAO FERRO	MIL	39,55	R\$ 311,75	R\$ 12.330,33	0,40%
1.5	PROTETOR PRESILHA POLIETILENO 30X03X110	UN	103.680,00	R\$ 0,06	R\$ 6.220,80	0,20%
1.6	PROTETOR PRESILHA POLIETILENO 30X03X230	UN	9.600,00	R\$ 0,13	R\$ 1.248,00	0,04%
1.7	TELA Q113	KG	1.497,00	R\$ 124,67	R\$ 186.630,99	6,13%
1.8	TELA Q138	KG	1.293,00	R\$ 152,38	R\$ 197.027,34	6,47%
1.9	TELA Q196	KG	4.310,00	R\$ 215,42	R\$ 928.460,20	30,47%
1.10	TELA Q283	KG	94,30	R\$ 310,30	R\$ 29.261,29	0,96%
1.11	VERG. B. RETA 10,0MM	KG	1.558,06	R\$ 6,14	R\$ 9.566,50	0,31%
1.12	VERG. B. RETA 12,5MM	KG	1.771,50	R\$ 6,70	R\$ 11.869,02	0,39%
1.13	VERG. B. RETA 4,2MM	KG	2.284,92	R\$ 6,11	R\$ 13.960,86	0,46%
1.14	VERG. B. RETA 5,0MM	KG	1.478,50	R\$ 6,11	R\$ 9.033,62	0,30%
1.15	VERG. B. RETA 6,3MM	KG	3.672,16	R\$ 5,76	R\$ 21.151,61	0,69%
1.16	VERG. B. RETA 8,0MM	KG	10.371,56	R\$ 5,76	R\$ 59.740,19	1,96%
1.17	TELA Q092	KG	343,20	R\$ 102,53	R\$ 35.188,31	1,15%
1.18	VERG. B. RETA 8,0MM	KG	645,75	R\$ 4,90	R\$ 3.164,18	0,10%
1.20	BOMBEAMENTO CONCRETO	m³	2.448,00	R\$ 42,45	R\$ 103.917,60	3,41%
1.21	CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL	m³	2.448,00	R\$ 343,25	R\$ 840.287,24	27,58%
2. MÃO DE OBRA						
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL	% DO VALOR DA ESTRUTURA
2.1	Encarregado	H	1.324,84	R\$ 24,21	R\$ 32.078,25	1,05%
2.2	Montador de Formas Metálicas	H	14.229,00	R\$ 18,80	R\$ 267.494,66	8,78%
2.3	Carpinteiro	H	918,00	R\$ 18,80	R\$ 17.257,72	0,57%
2.4	Armador	H	1.872,00	R\$ 18,80	R\$ 35.192,21	1,16%
2.5	Pedreiro	H	4.365,00	R\$ 18,80	R\$ 82.058,77	2,69%
2.6	Ajudante	H	3.546,00	R\$ 15,04	R\$ 53.342,35	1,75%
TOTAL					R\$ 3.046.744,44	100%

Fonte: Próprio Autor.

Tabela 5 – Quantitativos de colaboradores para paredes de concreto moldadas *in loco*.

Equipe - SERV. PAREDE DE CONCRETO	Quantidade
Encarregado	2
Montador de Formas Metálicas	31
Carpinteiro	2
Armador	4
Pedreiro	7
Ajudante	6

Fonte: Próprio Autor.

Tabela 6 - Pesquisa orçamentária para paredes de alvenaria estrutural.

1. MATERIAL							
1.1. SUPERESTRUTURA - PILARES							
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL	% DO VALOR DA ESTRUTURA
1.1.1	92415	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	304,64	R\$ 320,57	R\$ 97.658,44	1,38%
1.1.2	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	986,74	R\$ 12,03	R\$ 11.870,48	0,17%
1.1.3	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	542,30	R\$ 57,66	R\$ 31.269,02	0,44%
1.1.4	103672	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	M3	556,72	R\$ 142,55	R\$ 79.360,44	1,12%
1.2. SUPERESTRUTURA - VIGAS							
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL	% DO VALOR DA ESTRUTURA
1.2.1	92451	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	282,88	R\$ 347,46	R\$ 98.289,48	1,39%
1.2.2	92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	390,17	R\$ 14,92	R\$ 5.821,28	0,08%
1.2.3	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	1101,98	R\$ 21,20	R\$ 23.361,94	0,33%
1.2.4	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	165,54	R\$ 12,03	R\$ 1.991,50	0,03%
1.2.5	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	157,09	R\$ 40,26	R\$ 6.324,46	0,09%
1.2.6	103674	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	M3	652,80	R\$ 592,19	R\$ 386.581,63	5,47%
1.3. SUPERESTRUTURA - LAJE							
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL	% DO VALOR DA ESTRUTURA
1.3.1	92510	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE LAJE MACIÇA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	7480	R\$ 356,85	R\$ 2.669.238,00	37,77%
1.3.2	103674	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022	M3	2040	R\$ 592,19	R\$ 1.208.067,60	17,10%
1.4. SUPERESTRUTURA - ALVENARIA							
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL	% DO VALOR DA ESTRUTURA
1.4.1	89462	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X29 CM (ESPESURA 14 CM), FBK = 4,5 MPA, UTILIZANDO PALHETA. AF_10/2022	M2	17680	R\$ 108,10	R\$ 1.911.208,00	27,05%
2. MÃO DE OBRA							
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANTID.	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL	% DO VALOR DA ESTRUTURA
2.1	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	3780	R\$ 27,25	R\$ 103.005,00	1,46%
2.2	88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	3636	R\$ 27,07	R\$ 98.426,52	1,39%
2.4	90776	ENCARREGADO GERAL COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	3924	R\$ 34,19	R\$ 134.161,56	1,90%
2.5	88243	AJUDANTE ESPECIALIZADO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	7956	R\$ 25,15	R\$ 200.093,40	2,83%
TOTAL						R\$ 7.066.728,75	

Fonte: Próprio Autor.

Por meio da Tabela 5, apresentada a seguir, pode-se perceber a comparação orçamentária entre os métodos apresentados:

Tabela 7 – Análise orçamentária comparativa entre parede de concreto moldada in loco e paredes de alvenaria estrutural.

	Parede de Concreto Moldada <i>in loco</i>	Parede de Alvenaria Estrutural
Material	R\$ 2.559.320,48	R\$ 6.531.042,27
Mão de obra	R\$ 487.423,96	R\$ 535.686,48
Total	R\$ 3.046.744,44	R\$ 7.066.728,75

Fonte: Próprio Autor.

A análise comparativa orçamentária dos dois métodos de construção de paredes, paredes de concreto moldadas *in loco* versus parede de alvenaria estrutural, pode ser feita considerando os custos dos materiais e da mão de obra para cada método.

Para as paredes de concreto moldadas *in loco*, os principais materiais utilizados são argamassa ensacada colante, desmoldante líquido, arame, espaçador para armação de ferro, protetor de presilha de polietileno, telas para moldagem do concreto, vergalhões, e concreto. O custo total dos materiais para as paredes de concreto moldadas *in loco* é de R\$ 2.559.320,50, representando 84% do valor total da estrutura.

Para as paredes de alvenaria estrutural, os principais materiais utilizados são blocos cerâmicos, argamassa colante, vergalhões, concreto para cinta de amarração e emboço. O custo total dos materiais para as paredes de alvenaria estrutural é de R\$ 6.531.042,27, representando 92,42% do valor total da obra.

Em relação à mão de obra, os dois métodos requerem encarregado, ajudante, armador e pedreiro. Os custos de mão de obra para as paredes de concreto moldadas *in loco* é de R\$ 487.423,96, representando 16% do valor total da obra, enquanto que para as paredes de alvenaria estrutural é de R\$ 535.686,48, representando cerca de 7,6% do valor total da obra. A mão de obra de paredes de alvenaria estrutural é mais cara do que a mão de obra de paredes de concreto moldadas *in loco*. Isso ocorre devido a construção de paredes de alvenaria estrutural requerer mais material, ser mais demorada e exigir trabalhadores altamente especializados. Por outro lado, a parede de concreto é mais rápida, mais eficiente e requer menos trabalhadores especializados. Portanto, o custo da mão de obra é um fator importante a ser considerado ao escolher entre esses dois métodos de construção.

Assim, considerando apenas os custos de materiais e mão de obra, as paredes de concreto moldadas *in loco* apresentam um custo menor em relação às paredes de alvenaria estrutural, com um custo total de R\$ 3.046.744,44, enquanto as paredes em alvenaria custariam R\$ 7.066.728,75, cerca de 43% a mais. No entanto, é importante destacar que outros fatores, como o tempo de execução da obra e a durabilidade da construção, também devem ser levados em consideração na escolha do método de construção mais adequado para cada situação.

5.2. ESTUDO DE CASO EM OBRA DE CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

5.2.1. Registros de Visita à obra

O registro da visita à obra de parede de concreto está representado nas Figuras de 10 a 18. As visitas foram realizadas com a supervisão e autorização do engenheiro responsável da obra, colaborador da Empresa analisada e, diante das visitas, foi possível analisar, na prática, o funcionamento do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*, visualizando a montagem da fachada, gaiola, formas internas e lajes. As observações, anotações e considerações dos funcionários e Engenheiro responsável pela obra são apresentadas a seguir:

a) Montagem da Fachada:

A construção da obra começa com a montagem da fachada, composta por 24 peças metálicas que são cuidadosamente posicionadas em locais específicos. Cada peça é içada pela grua e fixada em sua posição usando pinos, cunhas e parafusos. Além disso, as peças são unidas entre si por meio de parafusos, formando uma estrutura sólida e resistente. Esse processo de construção das formas externas é crucial para garantir a estabilidade e segurança da obra.

b) Montagem da Gaiola (Armação Vertical das paredes)

Antes da montagem das formas metálicas, os cortes da armação, compostos por telas e barras retas de reforço, são feitos na baia de armação. Todo o material é então içado pela grua no momento da montagem da armação, que geralmente acontece no dia anterior à montagem das formas metálicas.

A montagem da armação começa com a marcação das paredes no piso, com o uso de pó xadrez, para delimitar as dimensões e espessuras de cada parede. Em seguida, a armação é montada incluindo os reforços, de acordo com o projeto.

Após a conclusão da montagem da armação, a instalação elétrica é iniciada, com a passagem de eletrodutos para a passagem dos cabos elétricos. Os cabos são fixados na armação usando espaçadores ou fita Hellermann. É importante destacar que a montagem da armação vertical das

paredes deve ser realizada no dia anterior à montagem das formas para evitar atrasos e garantir um fluxo de trabalho mais eficiente.

c) Montagem das formas internas

Após a finalização da montagem da gaiola, é iniciada a montagem das formas internas com peças de alumínio de diferentes tamanhos. As peças de forma têm uma posição correta, que é definida durante a primeira montagem. Uma vez concluída a primeira montagem, as peças são marcadas com tinta spray, identificando o cômodo e a posição exata de cada uma.

Em seguida, o montador aplica óleo desmoldante nas formas para evitar que o concreto grude nelas e permitir que sejam desformadas após 12 horas da concretagem, caso o concreto atinja a resistência mínima de 3MPa. Com a marcação da laje realizada e a posição exata de cada peça marcada, a montagem das formas das paredes é iniciada, travando as peças umas às outras com pinos, cunhas, faquetas e, para a laje, com o auxílio de escoras de metal.

Para evitar qualquer movimentação das formas, caso o travamento com pino e cunha não tenha sido realizado corretamente, barras niveladoras são colocadas nas paredes para "segurar" a forma metálica. Essas barras são posicionadas tanto entre as formas da mesma parede quanto em formas de paredes opostas. No encontro de duas paredes, são colocadas cantoneiras para fazer o travamento e garantir a posição correta das paredes.

d) Montagem da armação da laje

Depois de concluir a montagem das formas para as paredes e laje, inicia-se a montagem da armação da laje. As telas, conforme especificado no projeto, são colocadas juntamente com a armação de reforço. Após a colocação da primeira parte de telas, a armação "positiva", que fica na parte inferior, é instalada juntamente com os materiais elétricos e hidráulicos, como mangueiras corrugadas e tubos PEX, que ficarão embutidos no concreto da laje. Esses materiais podem ser fixados com Fita Hellermann (enforca-gato) ou com fixadores adquiridos juntamente com as mangueiras.

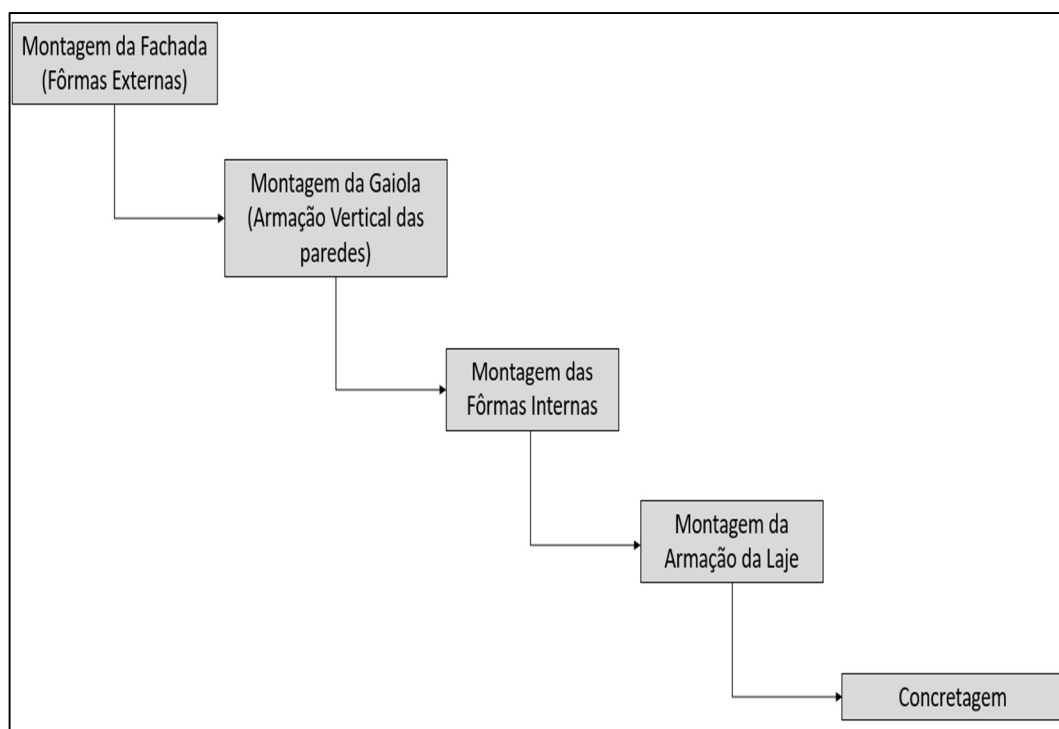
Em seguida, é realizada a montagem da armação "negativa" que vai por cima da armação positiva.

e) Concretagem

Por fim, é realizada a concretagem iniciando-se pelas paredes e finalizando na laje. Durante a concretagem, os colaboradores ficam responsáveis por verificar se o travamento das fôrmas está correto e se a pressão do concreto não causou abertura na fôrma. Na concretagem da laje, os colaboradores ficam responsáveis por realizar o nivelamento utilizando rodo nivelador.

A Figura 19, a seguir, apresenta o Fluxograma de Montagem da Parede de Concreto Moldada in Loco.

Figura 19 – Fluxograma geral de Montagem.



Fonte: Próprio Autor.

O engenheiro responsável pela obra informou que a procura por este método de construção está crescendo na região de Campinas, devido sua economia de custos, cronograma reduzido e otimização da mão de obra. Porém, o engenheiro responsável ressaltou sobre as limitações do método, como:

- a) Dificuldade na personalização do projeto. Como as fôrmas são moldadas

para cada tipo de projeto, o reaproveitamento das fôrmas em outra obra só é possível caso o outro projeto seja exatamente igual;

- b) Possibilidade de imperfeições e ondulações nas paredes após a concretagem, devido a buracos nas formas deixados pelo travamento realizado incorretamente;
- c) A desforma só ocorre quando o concreto atinge a resistência de 3Mpa. Caso a resistência não atinja o valor determinado no horário planejado, há o atraso na desforma e a possibilidade da não concretagem dos apartamentos seguintes no dia subsequente. Uma vez que não é realizada uma concretagem na data planejada, não é possível recuperar o atraso em questão.

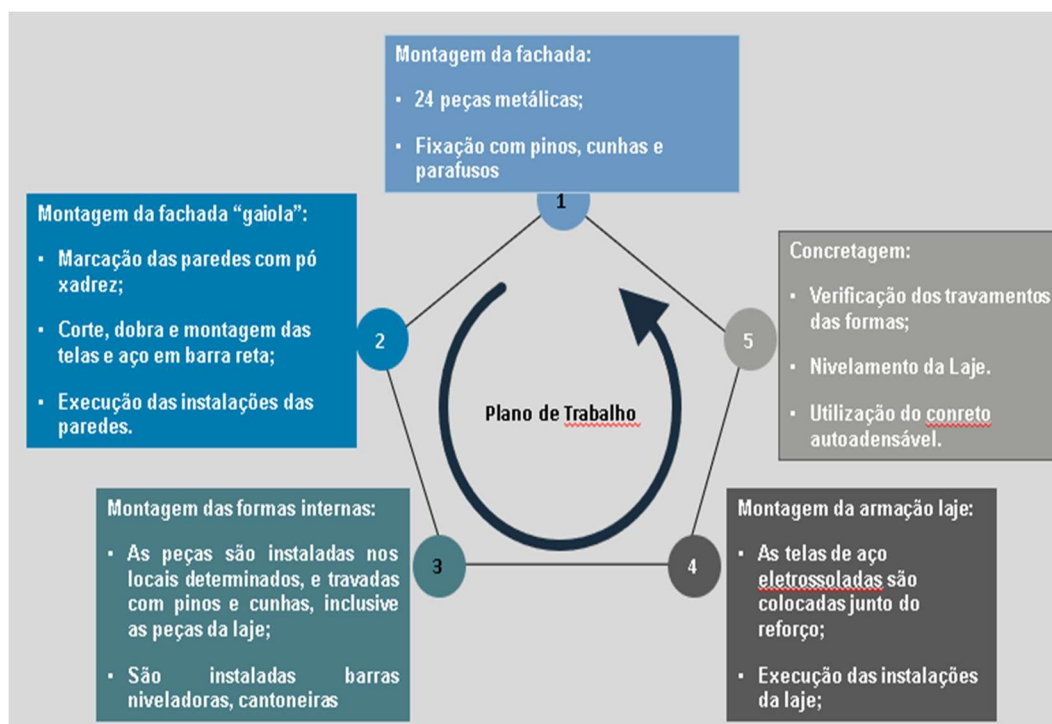
5.2.2. Cronograma de execução da obra

O cronograma de uma obra de parede de concreto moldada *in loco* é geralmente mais rápido do que o cronograma de uma obra de parede de alvenaria estrutural. Enquanto a parede de concreto é construída preparando o terreno e moldando o concreto nas formas, seguido por cura e acabamento, a construção de uma parede de alvenaria estrutural requer mais etapas, incluindo a colocação individual de cada bloco ou tijolo em argamassa, reforço com pilares e vigas, e acabamento. Como resultado, o cronograma da obra para a alvenaria estrutural é mais longo e suscetível a atrasos devido a fatores externos e condições climáticas desfavoráveis.

Conforme mostra a Tabela 6, o cronograma de construção da parede de concreto moldada *in loco* tem menor duração se comparado com a construção da mesma obra utilizando paredes de alvenaria. A simplicidade do processo de construção, o número menor de etapas envolvidas e a menor suscetibilidade a atrasos tornam a parede de concreto moldada *in loco* uma opção mais rápida e eficiente.

A Figura 20, a seguir, apresenta o Fluxograma detalhado de execução da obra visitada.

Figura 20 – Fluxograma de execução da parede de concreto moldada *in loco*.



Fonte: Próprio Autor.

Tabela 8 – Comparação dos cronogramas de construção de parede moldada *in loco* versus parede em alvenaria estrutural.

Parede de concreto		Alvenaria Estrutural	
Início da Estrutura	10/05/2021	Início da Estrutura	10/05/2021
Fim da Estrutura	25/08/2021	Fim da Estrutura	16/12/2021
Quantidade de Dias	107	Quantidade de Dias	220
Média de dias por serviço	8,23	Média de dias por serviço	16,92

Fonte: Próprio Autor.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise comparativa orçamentária dos dois métodos de construção de paredes, paredes de concreto moldadas *in loco* e paredes de alvenaria estrutural, revelou que a parede de concreto apresenta um custo menor em relação à parede de alvenaria estrutural. Considerando apenas os valores de materiais e mão de obra, as paredes de concreto apresentam um custo cerca de 43% menor que as paredes em alvenaria. No entanto, outros fatores, como o tempo de execução da obra e a durabilidade da construção, também devem ser considerados na escolha do método de construção mais adequado para cada situação.

A visita à obra de construção utilizando parede de concreto moldada *in loco* permitiu a visualização da montagem da fachada, gaiola, formas internas e lajes. A visita foi fundamental para este trabalho, pois contribuiu para visualização, anotações e considerações dos funcionários e engenheiro responsável pela obra. De acordo com o Engenheiro da empresa analisada, responsável pela obra, a procura por este método de construção está crescendo na região de Campinas devido à sua economia de custos e cronograma reduzido.

Por fim, é importante destacar que a escolha entre os métodos de construção de paredes deve levar em consideração diversos fatores além do custo, como o tempo de execução da obra, a durabilidade da construção, o nível de especialização dos trabalhadores envolvidos, entre outros. Cada método tem suas vantagens e desvantagens, e cabe aos responsáveis pela obra analisar cuidadosamente cada um deles e escolher aquele que melhor atenda às necessidades do projeto em questão.

7. CONCLUSÃO

Com base nas análises realizadas neste trabalho, é possível concluir que as paredes de concreto apresentam uma vantagem significativa em termos de custo, mas é necessário avaliar cuidadosamente todos os aspectos envolvidos na construção antes de tomar uma decisão final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). COLETÂNEA DE ATIVOS: PAREDE DE CONCRETO, 2007. Disponível em: https://abcp.org.br/wpcontent/uploads/2016/02/Coletanea_PC2007-2008.pdf. Acessado em 05 dez. 2023.

BERTI, L.H; RAFAEL, V.E. Comparação de custos de material de uma obra de pequeno porte em alvenaria estrutural em relação a alvenaria convencional. Engenharia Civil-Tubarão, 2019.

BLOG ASTRA. Conheça os 4 sistemas de construção mais utilizados. Disponível em: <https://www.astra-sa.com/destaques/conheca-os-4-sistemas-de-construcao-mais-utilizados/>. Acesso em 06 jan. 2023.

BRAGUIM, T.C. Utilização de modelos de cálculo para projeto de edifícios de paredes de concreto armado moldadas no local. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2013.

CAMACHO, J.S., Projetos de Edifícios de Alvenaria Estrutural, 2006. 53 f. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo. 2006.

CAMBRAIA, M.N. et al. Processo construtivo de paredes de concreto moldadas in loco em fôrmas de alumínio. 2017.

CBIC. Construção civil deve crescer 6% em 2022, diz CBIC. Disponível em: <https://cbic.org.br/construcao-civil-deve-crescer-6-em-2022-diz-cbic/>. Acesso em 19 dez. 2022.

COSTA, L.J.D. Paredes de concreto moldadas in loco em condomínios horizontais: avaliação de desempenho pelos usuários. 2013.

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

CORSINI, R. Paredes normatizadas. Nº 183, Técnica. 2011.

ECIVIL – Blog Descomplicando a engenharia, A. Alvenaria Estrutural. 1998. Disponível em: http://www.ecivilnet.com/artigos/alvenaria_estrutural.htm. Acesso em: 29 nov 2022.

FERRAZ, F. Métodos construtivos em paredes de concreto. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Araraquara. 2018.

FERREIRA, F.M.M.; CASTRO, A.L. Produção de concretos autoadensáveis com alto teor de ar incorporado e propriedades mecânicas para fins estruturais. *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 26, 2022.

FRANÇA, R. Alvenaria de vedação x alvenaria estrutural. 2021. Disponível em: <https://www.arqweb.com.br/portal/noticia/243/alvenaria-de-vedacao-x-alvenaria-estrutural.html>. Acesso em 08 dez. 2022.

GOMES, P.C.C. et al. Obtenção de concreto leve utilizando agregados reciclados. *Ambiente Construído*, v. 15, p. 31-46, 2015.

GRUBLER, T.H. Estudo comparativo entre os métodos construtivos light steel frame, alvenaria convencional e alvenaria estrutural. 2021.

IZQUIERDO, O.S. Estudo da interface bloco/graute em elementos de alvenaria estrutural. Universidade de São Paulo, 2015.

JARFEL. Família dos blocos de concreto. Disponível em: <https://www.sahara.com.br/familia-dos-blocos-de-concreto/>. Acesso em 07 jan. 2023.

LARA, B.S.; PILONETTO, C.V. Comparação entre os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e paredes de concreto monolíticas moldadas in loco. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2016.

LORDSLEEM, A.C. et al. Estágio atual do uso de paredes maciças moldadas no local em São Paulo. *Anais*, 1998.

LORENCETO, D. Sistemas construtivos: tudo o que você precisa saber sobre paredes de concreto moldadas in loco. Disponível em: <https://engenharia360.com/sistemas-construtivos-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-paredes-de-concreto-moldadas-in-loco/>. Acesso em 02 jan 2023.

MACEDO, J.S. Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016.

MARTINS, C.M.; BERTEQUINI, A.B.T. Comparativo de custo entre alvenaria e parede de concreto “in loco” e a viabilidade do sistema construtivo parede de concreto “in loco” em habitações populares. 2020.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. Paredes de concreto. *Revista Técnica*, n. 147, p. 74-78, 2009.

MORQUECHO, F.B. Análise de edifícios em paredes de concreto moldadas in loco. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2016.

NAKAMURA J. Fôrmas Metálicas para Parede de Concreto - Equipe de Obra. - [s.l.]: Pini, Setembro de 2013.

NBR 16055/2012. Norma Brasileira. Disponível em: https://www.academia.edu/32368087/ABNT_NBR_16055_Paredes_de_Concreto_Moldada_no_Local. Acesso em 03 jan. 2023.

NEVILLE, A.M. Propriedades do concreto-5ª Edição. Bookman Editora, 2015.

NUNES, V.Q.G. Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado. São Carlos. Dissertação (Mestrado)—Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2011.

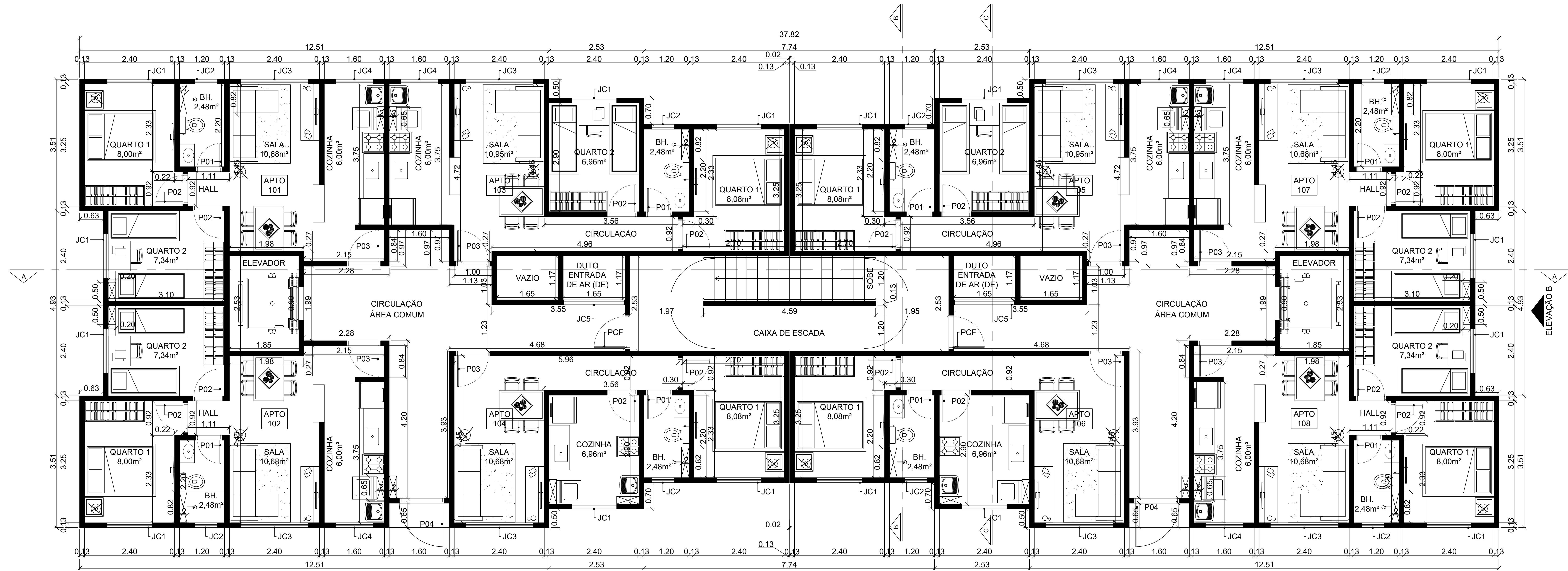
OLIVEIRA, V.R.; SILVA, U.C.N.; GOLIATH, K.B. Sistema Construtivo de Paredes de Concreto Moldadas “IN LOCO”. Epitaya E-books, v. 1, n. 6, p. 499-522, 2021.

PONZONI, J. Paredes de concreto moldadas in loco: verificação do atendimento às recomendações da norma NBR 16055/2012 nos procedimentos executivos em obra de edifício residencial. 2013.

SACHT, H.M. Painéis de vedação de concreto moldados in loco: Avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2008.

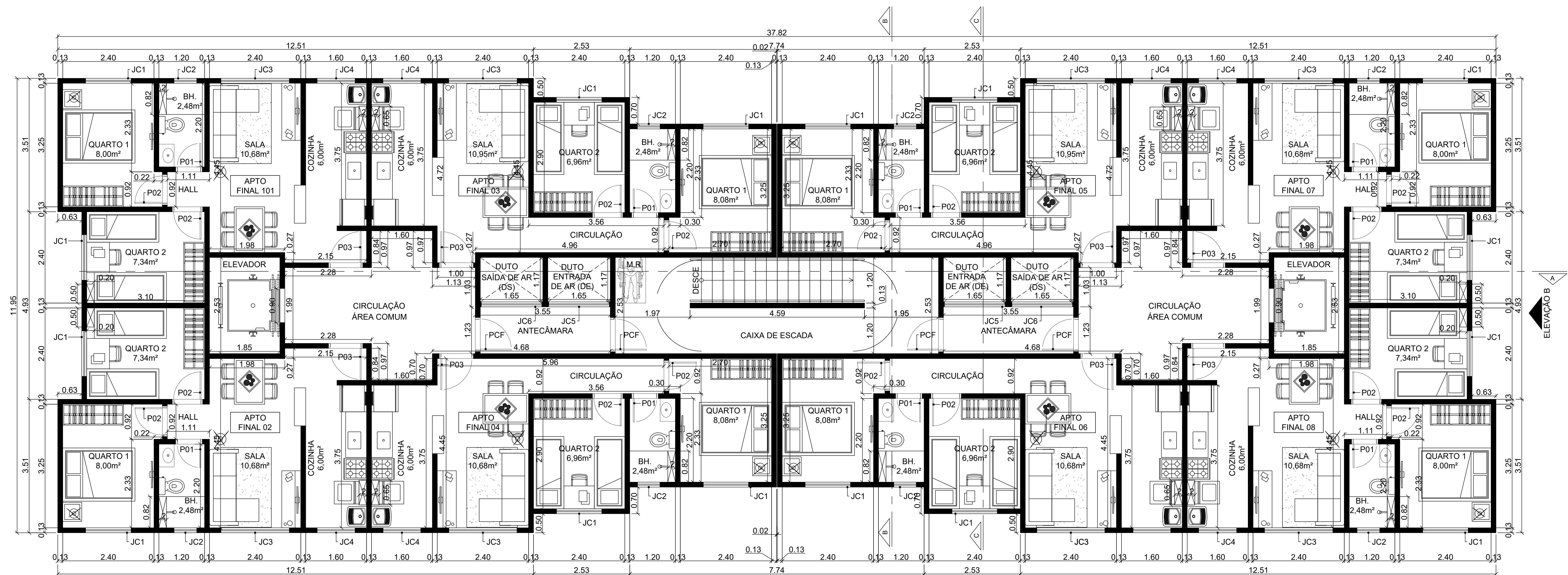
SANTOS, R.F. Comparativo de custo direto do sistema wood frame e paredes de concreto moldadas in loco para habitações de interesse social. 2017.

ANEXO A – Planta dos Pavimentos Térreo e Tipo da Obra analisada



PLANTA PAVIMENTO TÉRREO TORRE 1

ESCALA 1:100



PLANTA PAVIMENTO TIPO TORRE 1 (1º AO 16º ANDAR)

ESCALA 1:100