



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA – CT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MARCÍLIO DE ARAÚJO DANTAS NETO

**ANÁLISE DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE
CONCRETO MOLDADAS IN LOCO**

Trabalho de Conclusão de Curso

João Pessoa

2025

MARCÍLIO DE ARAÚJO DANTAS NETO

**ANÁLISE DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE
CONCRETO MOLDADAS IN LOCO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito obrigatório para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Givanildo Alves de Azeredo

João Pessoa

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

D192a Dantas Neto, Marcilio de Araujo.

Análise do sistema construtivo de paredes de
concreto moldadas in loco / Marcilio de Araujo Dantas
Neto. - João Pessoa, 2025.

77 f. : il.

Orientação: Givanildo Alves de Azeredo.

TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Paredes de Concreto. Fluxograma. Processo. I. de
Azeredo, Givanildo Alves. II. Título.

UFPB/BSCT

CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

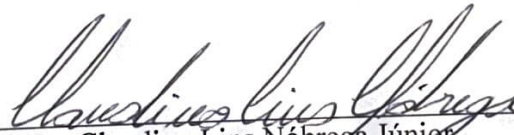
MARCÍLIO DE ARAUJO DANTAS NETO

ANÁLISE DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO

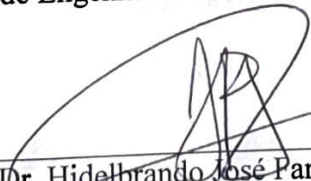
Trabalho de Conclusão de Curso em 02/10/2025 perante a seguinte Comissão Julgadora:


Prof. Dr. Givanildo Alves De Azeredo
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO


Prof. Dr. Claudino Lins Nóbrega Júnior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO


Prof. Dr. Hidelbrando José Parkat Diógenes
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Fábio Veriato da Câmara e Ana Karolina Dantas Veriato da Câmara, e ao meu irmão, João Vitor Dantas Veriato da Câmara, que sempre me incetivaram a cada conquista!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por tudo que eu conquistei em cada fase da minha vida, sabendo que Ele me guiou desde quando eu era criança e durante toda a minha trajetória acadêmica e que ele continuará sendo meu guia até o fim.

À minha mãe e ao meu pai, eu não poderia ter recebido melhores pais que estavam lá para me levantar quando eu caía e vibrar em todas as vitórias. Vocês me ensinaram o significado de amor e também a sempre dar o melhor de mim em todos os momentos da minha vida, com certeza eu não seria que eu sou hoje se não fosse pelos seus ensinamentos.

Ao meu irmão e melhor amigo, todos falam que temos uma boa relação, mas é muito mais que isso, você é meu guardião que me protegeu desde o momento que eu nasci. Eu com certeza não chegaria tão longe aonde cheguei sem você, e fico tranquilo em saber que que continuará assim por toda minha vida, e farei o máximo para fazer o mesmo que você. Lembre-se, você é o meu exemplo e minha meta, nós somos a definição de **irmãos**.

Aos meus avós, tios, tias e primos, cada um de vocês tiveram participação nas minhas conquistas, sem vocês não teria metade dos meus sucessos.

Aos meus amigos que conheci durante minha vida. Desde a escola, que me mostraram o significado de amizade, até a universidade - em especial Gabriel Soares, João Marcos, Ismael Pedro, André Viana, Henrique Goes, Cássio Duré, José Alberto e Victor Nóbrega.

Aos meus amigos que fiz durante meu estágio e trabalho - em especial Mateus Carvalho, Tiago Duarte, Adriano Gomes, Rodrigo Patriota e Dalmo Teixeira - que me apoiaram, auxiliaram e foram referência para me tornar o melhor profissional possível.

Aos meus professores, que deixaram uma marca especial na minha passagem pela universidade e que me lecionaram tudo que eu precisava para ser o melhor Engenheiro possível. E em especial ao professor Dr. Givanildo Alves de Azeredo, que me ajudou na execução desse trabalho.

*“Não se esqueça de sorrir em qualquer situação.
Contando que você esteja vivo, haverão coisas
boas mais para frente, e serão muitas”*

(Eiichiro Oda)

RESUMO

NETO, Marcílio de Araujo Dantas. **Análise do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2025.

A indústria da construção civil já passou por diversas modificações ao longo dos milhares de anos em que existe, e a era atual prioriza a economia e a agilidade das obras. É nesse cenário que a industrialização e a racionalização entraram em vigor, e o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco é um exemplo eficiente dessas duas características. Com sua modulação e processo padronizado, o método se tornou uma escolha de muitas empresas no Brasil e no mundo para se destacar no mercado; porém, sem um estudo e análise de viabilidade, essa escolha pode não impulsioná-la. Nesse sentido, o presente trabalho busca apresentar o sistema de paredes de concreto, ao mesmo tempo em que padroniza uma forma de executar o serviço com análise de qualidade e eficiência, e, ao final, desenvolver um fluxograma que guie futuros projetos.

Palavras-chave: Paredes de Concreto. Fluxograma. Processo.

ABSTRACT

NETO, Marcílio de Araujo Dantas. **Analysis of the cast-in-place concrete wall construction system**. Undergraduate Thesis (Bachelor's Degree) – Civil Engineering, Federal University of Paraíba, João Pessoa, 2025.

The construction industry has undergone several modifications over the thousands of years of its existence, and the current era prioritizes the economy and speed of construction projects. It is in this scenario that industrialization and rationalization have emerged, and the in-situ cast concrete wall construction system is an efficient example of these two characteristics. With its modular design and standardized process, the method has become a choice for many companies in Brazil and worldwide to stand out in the market; however, without proper feasibility study and analysis, this choice may not provide the expected boost. In this context, the present work aims to present the concrete wall system while standardizing a method to execute the service with quality and efficiency analysis, and, ultimately, to develop a flowchart that can guide future projects.

Keywords: Concrete Wall. Flowchart. Process

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Edifício de Paredes de Concreto.....	17
Figura 02 – Esquemática da Parede de Concreto.....	18
Figura 03 – Elementos das Telas Soldadas.....	21
Figura 04 – Tipos de Telas.....	21
Figura 05 – Representação Gráfica de Telas.....	22
Figura 06 – Fôrmas de Madeira.....	23
Figura 07 – Fôrmas de Plástico.....	24
Figura 08 – Fôrmas de Metálicas.....	24
Figura 09 – Distribuição dos Carregamentos Verticais.....	27
Figura 10 – Cargas Concentradas ou Parcialmente Distribuídas.....	27
Figura 11 – Junta de Dilatação.....	28
Figura 12 – Comprimento Equivalente <i>le</i>	30
Figura 13 – Diagrama de Esforços de Compressão.....	31
Figura 14 – Desenho de um Tipo de Fluxograma.....	33
Figura 15 – Diagrama de Palavras Chave.....	35
Figura 16 – Vista 3D de Três Empreendimentos.....	37
Figura 17 – Fase das Obras no Momento das Visitas.....	38
Figura 18 – Exemplo de um Histograma.....	39
Figura 19 – Exemplo de Coleta de Dados para Gráfico de Pareto.....	39
Figura 20 – Exemplo de Gráfico de Pareto.....	40
Figura 21 – Exemplo de Gráfico de Dispersão.....	40
Figura 22 – Razões de Capacidade do Processo.....	42
Figura 23 – Exemplo de QFD.....	45
Figura 24 – Projeto de Armação da Parede de Concreto.....	46
Figura 25 – Primeira Parte do Fluxograma.....	47
Figura 26 – Canteiro de Obras com Paredes de Concreto.....	47
Figura 27 – Laboratório de Controle Tecnológico <i>in loco</i>	48
Figura 28 – Segunda Parte do Fluxograma.....	49
Figura 29 – Modelo de Fundação para Paredes de Concreto.....	49
Figura 30 – Terceira Parte do Fluxograma.....	50
Figura 31 – Marcação das Paredes.....	51
Figura 32 – Quarta Parte do Fluxograma.....	51

Figura 33 – Sistema Gang com Andaimos Trepantes.....	52
Figura 34 – Quinta Parte do Fluxograma.....	53
Figura 35 – Montagem de Armação para Parede de Concreto.....	54
Figura 36 – Sexta Parte do Fluxograma.....	55
Figura 37 – Instalações Elétricas e Hidráulicas Fixadas na Armação.....	56
Figura 38 – Sétima Parte do Fluxograma.....	57
Figura 39 – Sistema de Formas Metálicas.....	58
Figura 40 – Pavimento na Fase de Estrutura de Parede de Concreto.....	59
Figura 41 – Oitava Parte do Fluxograma.....	60
Figura 42 – Nona Parte do Fluxograma.....	61
Figura 43 – Instalações Embutidas na Laje.....	62
Figura 44 – Décima Parte do Fluxograma.....	63
Figura 45 – “Spider”.....	64
Figura 46 – Corpos de Prova do Concreto.....	64
Figura 47 – Sistema ConsulteGEO.....	65
Figura 48 – Etapa de Concretagem.....	66
Figura 49 – Décima Primeira Parte do Fluxograma.....	66
Figura 50 – Reescoramento.....	67
Figura 51 – Décima Segunda Parte do Fluxograma.....	67
Figura 52 – Estucagem.....	68
Figura 53 – Fissura em Estrutura de Parede de Concreto.....	69
Figura 54 – Produto Final da Parede de Concreto.....	71
Figura 55 – Comparação do Acabamento dos Sistemas Tradicionais com o Sistema de Parede de Concreto.....	72
Figura 56 – Acabamento Final de uma Obra de Parede de Concreto.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Tipos de Ações a Serem Consideradas.....	26
Quadro 02 – Simbolos para Fluxograma de Processos.....	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Referências Seleccionadas.....	36
Gráfico 02 – Gráfico de Pareto para Marcação das Paredes.....	50
Gráfico 03 – Gráfico de Pareto para Montagem de Armação.....	53
Gráfico 04 – Gráfico de Pareto para Instalações Embutidas nas Paredes.....	55
Gráfico 05 – Gráfico de Pareto para Montagem da Forma.....	57
Gráfico 06 – Gráfico de Pareto para Montagem de Armação na Laje.....	60
Gráfico 07 – Histograma Espessura da Parede (Obra 01).....	70
Gráfico 08 – Histograma Espessura da Parede (Obra 02).....	70
Gráfico 09 – Histograma Alinhamento da Parede.....	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 OBJETIVOS.....	18
1.1.1 Objetivos Gerais.....	18
1.1.2 Objetivos Específicos.....	18
1.2 JUSTIFICATIVA.....	19
2 REFERENCIA TEÓRICO.....	19
2.1 PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS <i>IN LOCO</i>	19
2.1.1 Materiais Constituintes.....	20
2.1.1.1 Armação.....	20
2.1.1.2 Fôrmas.....	22
2.1.1.3 Concreto.....	25
2.1.2 Dimensionamento.....	25
2.1.2.1 Ações.....	26
2.1.2.2 Juntas de Trabalho.....	28
2.1.2.3 Premissas de Dimensionamento.....	29
2.1.2.4 Resistência à Compressão.....	29
2.1.2.5 Resistência à Tração.....	31
2.1.2.6 Resistência ao Cisalhamento.....	32
2.1.2.7 Dimensionamento ao Redor de Aberturas.....	33
2.2 FLUXOGRAMA.....	33
2.2.1 Tipos de Fluxograma de Processo.....	34
3 METODOLOGIA.....	34
3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	34
3.1.1 Revisão Bibliográfica Narrativa.....	35
3.2 ESTUDO DE CASO.....	36
3.2.1 Caracterização das Obras.....	36
3.2.2 Coleta e Análise de Dados.....	38
3.2.2.1 CEP – Controle Estatístico do Processo.....	38
3.2.2.2 Capabilidade do Processo.....	41
3.3 MONTAGEM DO FLUXOGRAMA.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
4.1 MÉTODO EXECUTIVO.....	44

4.1.1 Concepção do Projeto.....	44
4.1.2 Implantação do Canteiro de Obras.....	47
4.1.3 Fundação.....	49
4.1.4 Marcação das Paredes.....	50
4.1.5 Montagem do Sistema de Proteção Coletiva.....	52
4.1.6 Montagem de Armação das Paredes.....	53
4.1.7 Execução das Instalações nas Paredes.....	55
4.1.8 Montagem da Fôrma.....	57
4.1.9 Montagem da Armação da Laje.....	60
4.1.10 Execução das Instalações na Laje.....	61
4.1.11 Concretagem.....	63
4.1.12 Desforma e Cura.....	66
4.1.13 Pós-Desforma.....	67
4.1.14 Acabamento.....	71
5 CONCLUSÃO.....	73
6 REFERÊNCIAS.....	74

1 Introdução

A indústria da construção civil apresentou um impulso vertiginoso nos últimos anos, tanto no Brasil como no resto do mundo, e ela necessitou corresponder com maiores imposições do mercado relacionadas a critérios competitivos de custo, tempo e qualidade (HEINECK et al., 2006). O contexto tornou-se ainda mais evidente com o déficit habitacional que se alastrou por todo o território nacional, deixando escancarado a necessidade tanto da produção ser mais barata, para que a grande massa da população tenha acesso, quanto mais eficiente e rápida.

Nesse contexto, novas tecnologias e métodos voltados à racionalização do processo construtivo surgiram, aproximando mais as práticas comuns em ambientes fabris. A modulação e a logística da produção foram algumas das ideias que foram desenvolvidas desde sua concepção na Revolução Industrial (AGUILAR et al., 2022).

Foi assim que, durante o pós-Segunda Guerra Mundial, o déficit habitacional e a demanda de soluções mais rápidas para a construção fizeram com que os primeiros projetos de paredes de concreto moldados *in loco* surgissem inspirados em outras experiências bem-sucedidas de construções industrializadas, por exemplo, em concreto celular – sistema Gethal – e em sistema convencional – sistema Outinord (Lewis, 2014). Desse modo, projetos de larga escala começaram a ser executados em locais como no Canadá, no México, no Chile e na Colômbia durante a década de 1940 (Rigueira, 2014).

No Brasil, de acordo com Missureli e Massuda (2009), em torno de 1970 e 1980 as primeiras experiências foram feitas para se utilizar o concreto, material mais utilizado na construção civil, como material principal na execução das paredes de um empreendimento. Porém, o sistema não foi mais desenvolvido devido à desaceleração da economia da época. Seu retorno foi próximo dos anos 2000 quando ocorreu o crescimento do setor e o incentivo de políticas públicas de incentivo a moradias populares, como por exemplo, o Programa Minha Casa Minha Vida que foi criado como a solução para o déficit habitacional do país e que se tornou um dos principais impulsionadores do sistema construtivo. Assim, em 2012, fortemente inspirados pelas normas dos Estados Unidos e da França, surgiu a primeira norma oficial acerca da utilização do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* em obras de construção civil, que sofreu revisões e adaptações com o passar do tempo, a NBR 16055 (ABNT, 2022).

Figura 01 – Edifício de Paredes de Concreto



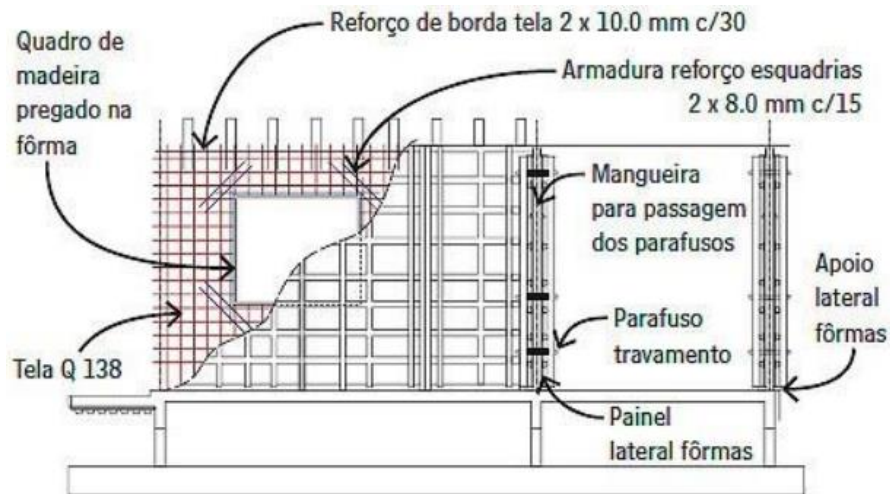
Fonte: BRL INCORP (2023)

A parede de concreto é um elemento estrutural autoportante, com o comprimento cinco vezes maior que sua espessura, moldado no local, e capaz de suportar cargas no mesmo plano da parede (ABNT, 2022). No sistema construtivo, as paredes atuam simultaneamente como elementos estruturais e de vedação, possuindo as instalações elétricas e hidráulicas embutidas em seu interior (Missureli & Massuda, 2009).

O fato das paredes serem moldadas *in loco*, ou seja, moldadas na própria obra, torna-a uma alternativa viável a construtoras que queiram uma opção mais econômica, porém com a necessidade de preparo prévio para sua execução.

O processo produtivo do sistema construtivo pode ser dividido nas atividades de: marcação das paredes, montagem da armação da parede, instalação da parte elétrica e hidráulica, montagem da forma, concretagem e desforma. Não é necessário realizar a especialização dos operários. Um treinamento direcionado para a equipe de montadores, armadores, encanadores e eletricitistas é necessário para realizar todas as etapas do processo (Missureli & Massuda, 2009).

Figura 02 – Esquematização da Parede de Concreto



Fonte: Silva (2011)

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar uma análise completa do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*, abordando desde a concepção inicial de projeto, processos e condições necessárias para a execução e qualidade no acabamento final da unidade habitacional.

Além disso, desenvolver um fluxograma que auxilie na padronização de todos os processos envolvidos na execução de uma obra utilizando esse método construtivo.

1.1.2 Objetivos Específicos

A fim de se concluir essa análise e conseguir atingir o objetivo proposto, foram estabelecidas as seguintes metas:

- Verificar quais são as condições normativas para a elaboração de um projeto de paredes de concreto;
- Discutir os principais processos realizados durante a execução de uma obra de paredes de concreto moldadas *in loco*;
- Analisar como esse método executivo interfere na qualidade do acabamento final da obra;
- Desenvolver um fluxograma com todas as etapas necessárias para a execução de uma obra composta por paredes de concreto.

1.2 Justificativa

Em qualquer projeto ou processo produtivo é de extrema importância que se mantenha um padrão de qualidade para garantir a satisfação e segurança do consumidor final. A qualidade é a capacidade de uma empresa ou organização em promover uma cultura que resulta em comportamentos, atitudes, atividades e processos que agregam valores através da satisfação das necessidades e expectativas dos clientes e outras partes interessadas (ABNT, 2015).

Além disso, a NBR ISO 9000 (ABNT, 2015) define o desenvolvimento do SGQ (Sistema de Gestão da Qualidade) e indica que um dos primeiros passos para garantir a qualidade é estudar e definir o processo produtivo, visto que de acordo com a norma, toda e qualquer organização possui métodos que podem ser definidos, medidos e melhorados.

Com o crescimento vertiginoso das paredes de concreto como solução para construções rápidas e econômicas, tornou-se ainda mais importante a necessidade de que as empresas, engenheiros e gestores entendam cada processo que leva do desenvolvimento do projeto até o produto final.

É nesse sentido que esse trabalho se justifica. O proposto é associar os princípios iniciais de gestão da qualidade e analisar o processo produtivo do sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*. Dessa maneira, auxilia-se as obras a executar todo o procedimento com a melhor segurança, qualidade e produtividade.

2 Referencial Teórico

2.1 Paredes de Concreto Moldadas *In Loco*

O método executivo de paredes de concreto moldadas *in loco* é, como foi dito anteriormente, um processo industrializado e racionalizado que permite uma produção econômica e em grande escala (Rigueira, 2014). Ademais, é um sistema que permite uma produção mais econômica e com elevada padronização, se mostrando como uma alternativa competitiva para outros métodos construtivos convencionais, como a alvenaria estrutural. Por esses motivos, essa técnica vem ganhando cada vez mais espaço no cenário nacional, especialmente em empreendimentos habitacionais e projetos de interesse social, por permitir o atendimento a grandes demandas em prazos reduzidos.

É um sistema construtivo em que a vedação e a estrutura são compostas por um elemento construtivo cujas paredes – constituídas principalmente por concreto armado – são

moldadas no próprio local. Um aspecto importante desse sistema é a execução simultânea da vedação estrutural com as instalações elétricas, hidráulicas e os vãos das esquadrias que já ficam embutidos no momento em que se realiza a concretagem (Missureli & Massuda, 2009), permitindo que, após a desforma, a edificação já apresente um estágio avançado de execução, sem a necessidade de etapas posteriores à estrutura.

A moldagem das paredes de concreto ocorre de forma que todas as paredes de um ciclo construtivo sejam realizadas em apenas uma concretagem. Isso significa que as paredes já devem apresentar todos os elementos necessários para o uso final em seu interior, como tubulações e pontos de passagem, evitando retrabalhos e aumentando a produtividade. Segundo a ABNT (2022), a técnica exige um planejamento minucioso, visto que as paredes devem atender aos requisitos técnicos de desempenho previstos nas normas brasileiras.

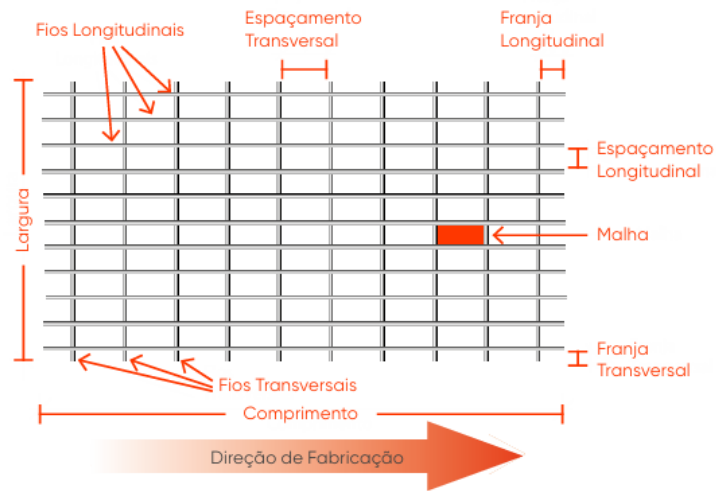
2.1.1 Materiais Constituintes

2.1.1.1 Armação

Em estruturas de concreto armado é importante que a armação tenha a capacidade de resistir aos esforços de flexo-torção do elemento estrutural, controlar a capacidade de retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações elétricas, hidráulicas e de gás (Missureli & Massuda, 2009). Para paredes de concreto usualmente utilizam-se telas soldadas, barras, fios e fibras – sendo que as telas são os elementos principais e são posicionadas no eixo da parede, laje e também para executar o reforço do encontro entre paredes e entre parede e laje.

Em síntese, telas soldadas são estruturas pré-fabricadas, com o objetivo principal de armar o concreto, formada por uma rede malhada de fios de aço, sobrepostos e soldados em todos os pontos de contato – sendo que as telas soldadas são classificadas como padronizadas e não padronizadas (IBTS, 2002).

Figura 03 – Elementos das Telas Soldadas

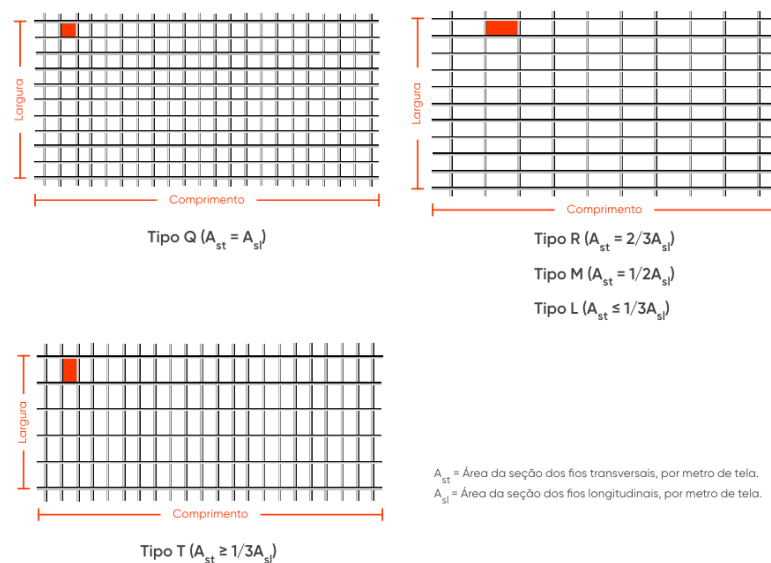


Fonte: ArcelorMittal (2023)

As telas padronizadas são aquelas cujas dimensões seguem as especificações normativas, ABNT NBR 7481. Cada fabricante deve elaborar tabelas para as telas padronizadas de sua fabricação normal (ABNT, 2022). São produzidos cinco tipos de telas de aço CA-60 para estruturas de concreto armado: Tipo Q, L, M, R e T.

As telas não padronizadas possuem características de diâmetros, espaçamento entre fios e dimensões diferentes das padronizadas, dependendo das especificações do projeto e do acordo entre o fabricante e o comprador.

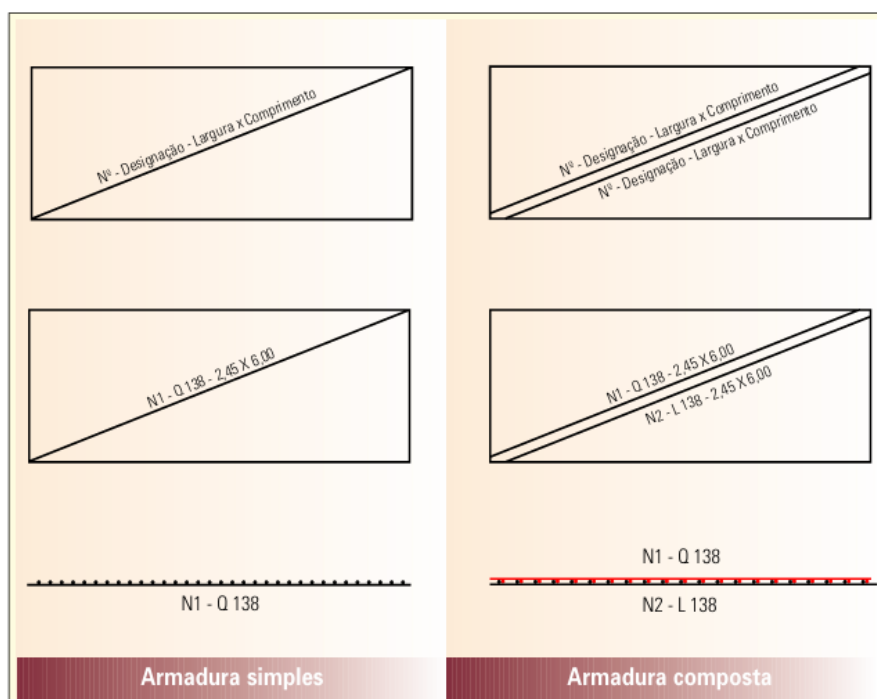
Figura 04 – Tipos de Telas



Fonte: ArcelorMittal (2023)

A representação das telas soldadas será através de um retângulo ou quadrado em escala com uma ou duas diagonais traçadas. Em resumo, para armadura simples desenha-se apenas uma diagonal. Porém, caso a armadura seja composta, serão traçadas duas diagonais. A identificação ocorrerá com a escrita sobre o traçado da diagonal, com a posição, o número da tela e suas dimensões (IBTS, 2002).

Figura 05 – Representação Gráfica de Telas



Fonte: IBTS (2002)

2.1.1.2 Fôrmas

O sistema de fôrmas pode ser entendido como um conjunto de estruturas provisórias, com o objetivo de moldar o concreto fresco (ABNT, 2022). Por esse motivo, é importante que apresentem resistência às pressões decorrentes do lançamento do concreto e durante a sua solidificação (Missureli & Massuda, 2009).

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2022), o sistema de fôrmas deve ser projetado de forma que tenha:

- Resistência às ações a que possa ser submetido durante o processo de construção;
- Rigidez suficiente para garantir as especificações do projeto e a integridade dos elementos estruturais;

- Estanqueidade e conformidade com a geometria das peças que estão sendo moldadas.

O sistema de fôrmas de um projeto de parede de concreto deve ser determinado pela necessidade do projeto e pela condição da construtora que o executa, podendo ser, principalmente, de metal, madeira ou plástico (Blok, 2024).

- a) Fôrmas de Madeira: Opção pouco utilizada em obras de paredes de concreto devido ao seu rápido desgaste e a necessidade de uma mão de obra mais especializada. Contudo, é uma opção para substituição para peças de formas de outros materiais danificadas ou realizar adaptações.

Figura 06 – Fôrmas de Madeira



Fonte: TAU Arquitetos (2020)

- b) Fôrmas de Plástico: São feitas de plástico recicláveis, com o ponto positivo sendo a sua leveza, porém com pouca durabilidade. É optado por projetos de pequeno porte, ou seja, com poucas concretagens e pavimentos.

Figura 07 – Fôrmas de Plástico



Fonte: Entenda Antes (2020)

- c) Fôrmas Metálicas: É o conjunto de formas mais utilizado em obras de paredes de concreto, principalmente pelo fato de sua durabilidade e capacidade de restauração. É ideal para construtoras que queiram manter um inventário de fôrmas para diversas obras, além de que não existe a necessidade de uma mão de obra especializada para ser montada.

Figura 08 – Fôrmas Metálicas



Fonte: Forsa (2024)

2.1.1.3 Concreto

O concreto utilizado em paredes moldadas no local, conforme estabelecido pela ABNT NBR 16055:2022, deve atender a requisitos específicos de dosagem, resistência e durabilidade. Suas propriedades devem seguir as normas ABNT NBR 6118, ABNT NBR 8953 e ABNT NBR 12655, considerando a classe de agressividade ambiental a que a estrutura estará exposta. A resistência característica à compressão (f_{ck}) não pode ultrapassar 40 MPa para fins de projeto, e devem ser especificados parâmetros como módulo de elasticidade, retração e idade de desforma, compatíveis com o ciclo construtivo.

Além disso, é recomendado o uso de concreto autoadensável de baixa retração (conforme ABNT NBR 15823-1) para facilitar a execução e reduzir falhas. A consistência do concreto deve ser adequada à aplicação, e a dimensão máxima do agregado graúdo deve ser compatível com a espessura da parede e a densidade da armadura. Aditivos químicos são permitidos, desde que não ataquem quimicamente as armaduras ou fibras, sendo proibidos os que contenham cloretos.

No caso de utilização de fibras (metálicas, poliméricas ou de vidro), estas devem ser caracterizadas conforme normas específicas (ABNT NBR 15530, ABNT NBR 16941, ABNT NBR 16942) e dosadas para garantir desempenho mecânico e controle de fissuração. O controle tecnológico do concreto, tanto no estado fresco quanto no endurecido, é obrigatório e deve seguir os procedimentos das normas ABNT NBR 12655 e ABNT NBR 14931, assegurando a qualidade e a conformidade do material com os requisitos do projeto.

2.1.2 Dimensionamento

O desempenho estrutural das paredes de concreto moldadas *in loco* é de extrema importância para o sistema, devido ao fato desses elementos funcionarem tanto como vedação quanto como parte integrante da estrutura da edificação. De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2022), a estrutura formada por paredes de concreto deve resistir a quaisquer ações que possam causar efeitos significativos sobre ela, seja durante a construção, seja durante a vida útil da edificação. Além do mais, nos edifícios com paredes de concreto, é fundamental a garantia da estabilidade estrutural para evitar deslocamentos excessivos entre a base e o topo da edificação, tendo que atender aos limites estabelecidos pela NBR 6118 (ABNT, 2023).

2.1.2.1 Ações

As ações a serem consideradas em um projeto de parede de concreto são as mesmas que as classificadas na NBR 6118 (ABNT, 2023). Em síntese, as ações permanentes são aquelas que ocorrem com valores praticamente constantes durante toda a vida útil da estrutura, ou que aumentam com o tempo, tendendo a um valor limite constante. Já as ações variáveis são constituídas pelas cargas que são esperadas pela utilização da edificação, efeitos do vento, da água e da temperatura.

Quadro 01 – Tipos de Ações a Serem Consideradas

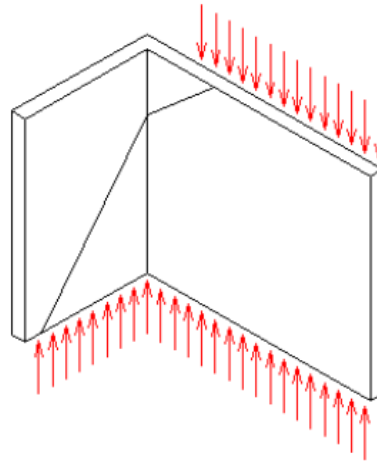
Ações	Subdivisão	Exemplo
Ações Permanentes	Ações Permanentes Diretas	. Peso próprio; . Peso dos elementos construtivos fixos e de instalações permanentes; . Empuxos permanentes.
	Ações Permanentes Indiretas	. Retração do concreto; . Fluência do concreto; . Deslocamentos de apoio; . Imperfeições geométricas; . Imperfeições globais; . Imperfeições locais; . Momento mínimo; . Protensão.
Ações Variáveis	Ações Variáveis Diretas	. Cargas previstas para a utilização da edificação; . Ação do vento; . Ação da água; . Ações variáveis da construção.
	Ações Variáveis Indiretas	. Variações de temperatura; . Ações Dinâmicas;

Fonte: Elaborado pelo autor baseado na ABNT (2023)

O cálculo do carregamento vertical em paredes de concreto deve considerar todas as ações atuantes sobre elas. Considera-se que essas cargas atuam no plano médio dos elementos, calculadas como cascas planas, com seus esforços sendo obtidos em regime elástico. Essas ações verticais são admitidas linearmente distribuídas, podendo ser tratadas

como elementos de membrana, cujas cargas podem seguir um caminhamento de 45° , em relação à vertical, ao longo das paredes ou redistribuindo-se entre elas (ABNT, 2022).

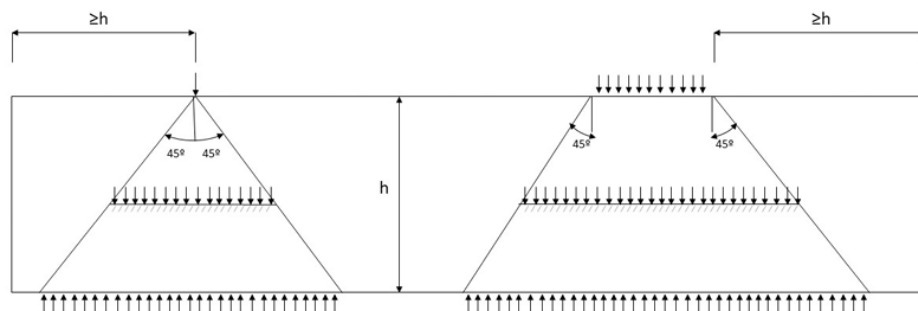
Figura 09 – Distribuição dos Carregamentos Verticais



Fonte: Nunes (2011)

No caso de cargas concentradas ou parcialmente distribuídas, elas podem ser repartidas uniformemente em seções horizontais limitadas por um dos planos a 45° em relação à vertical, que passe pelo ponto de aplicação da carga ou pelas extremidades da faixa de aplicação (ABNT, 2022).

Figura 10 – Cargas Concentradas ou Parcialmente Distribuídas



Fonte: ABNT (2022)

As cargas horizontais a serem consideradas em um projeto de paredes de concreto moldadas *in loco* devem ser as originadas pelo vento – calculadas de acordo com a ABNT NBR 6123 – e pelo desaprumo, que para edifícios de múltiplos andares devem ser consideradas por meio de um ângulo de desaprumo θ , calculado pela expressão 2.1.

$$\theta = \frac{1}{100\sqrt{H}} \quad (2.1)$$

Onde:

θ : ângulo de desaprumo, em radianos;

H: altura da edificação, em metros.

2.1.2.2 Juntas de Trabalho

Juntas de trabalho são previstas para absorver os movimentos da estrutura, para que partes separadas atuem como corpos rígidos distintos. Dessa forma, caso exista alguma ação de recalque, variação de temperatura ou esforços, cada parte se movimentará sem danos; sem essas juntas, ocorrerão fissuras, trincas, esmagamentos e até deformações nas estruturas.

Figura 11 – Junta de Dilatação



Fonte: Autoria Própria

Para que elas cumpram sua função de forma precisa é necessário que elas dividam a estrutura completamente, sem partes contínuas ou materiais rígidos que possam comprometer seu papel. Por isso, sempre que esses efeitos possam comprometer a integridade da estrutura, a NBR 16055 (ABNT, 2022) recomenda o uso de juntas de dilatação, de forma que sejam postas a cada 30 metros da estrutura em planta e nas variações bruscas de geometria ou de esforços verticais.

2.1.2.3 Premissas de Dimensionamento

De acordo com a norma NBR 16055 (ABNT, 2022), a estrutura de paredes de concreto moldadas *in loco* deverá resistir tanto na sua construção quanto durante sua vida útil a todos os esforços que possam gerar efeitos significativos. Para isso, ela realiza algumas considerações para que o dimensionamento desses elementos atinja o grau de segurança necessário. Primeiramente, a norma não especifica a resistência do concreto a ser utilizado, porém indica que não se deve utilizar um concreto com um f_{ck} maior que 40 MPa. Ademais, a norma condiciona que a espessura máxima das paredes de concreto seja de 19 cm e que o comprimento seja menor que cinco vezes essa espessura.

Para o aço que deverá ser utilizado a norma também não especifica, porém sugere a utilização de telas soldadas, barras e treliças. Importante destacar que a norma impõe condições acerca da armadura mínima das paredes, obtida com aço CA-60:

- Armaduras verticais: A seção mínima deve corresponder a 0,09% da seção do concreto. Caso a construção tenha até dois pavimentos, é permitida a utilização da armadura mínima 66% deste valor;
- Armaduras horizontais: A seção mínima deve corresponder a 0,15% da seção do concreto. Em caso de utilização de baixa retração e com paredes externas de até 6 m e internas de até 8 m, é permitido a utilização de armadura mínima de 60% desses valores. Além disso, em edifícios de até 2 pavimentos, pode-se utilizar armadura mínima de 40% desse valor.

2.1.2.4 Resistência à Compressão

A norma indica que a parede de concreto seja calculada como uma estrutura de casca plana. Portanto, os esforços característicos serão obtidos em regime elástico. Os métodos de dimensionamento que a norma traz giram em torno dessa premissa. Assim, a expressão da resistência última à compressão é:

$$n_{d,resist} = \frac{(0,85 \cdot f_{cd} + \rho \cdot f_{scd}) \cdot t}{k_1 [1 + 3k_2 (2 - k_2)]} \leq \frac{(0,85 \cdot f_{cd} + \rho \cdot f_{scd}) \cdot t}{1,643} \leq 0,4 \cdot f_{cd} \cdot A_c \quad (2.2)$$

Onde:

$\eta_{d,resist}$: resistência última à compressão por unidade de comprimento;

f_{cd} : resistência de cálculo à compressão do concreto;

ρ : taxa geométrica da armadura vertical da parede, não maior que 1%;

t : espessura da parede;

f_{scd} : resistência de cálculo do aço à compressão; $f_{scd} = \frac{E_s \cdot 0,002}{\gamma_s}$

E_s : módulo de elasticidade do aço;

γ_s : coeficiente redutor de resistência do aço igual a 1,15;

AC: é a área da seção transversal do concreto da parede.

Os valores de k_1 e k_2 irão depender do índice de esbeltez das paredes, podendo ser calculados através da expressão 2.3.

$$\lambda = \frac{l_e \cdot \sqrt{12}}{t} \quad (2.3)$$

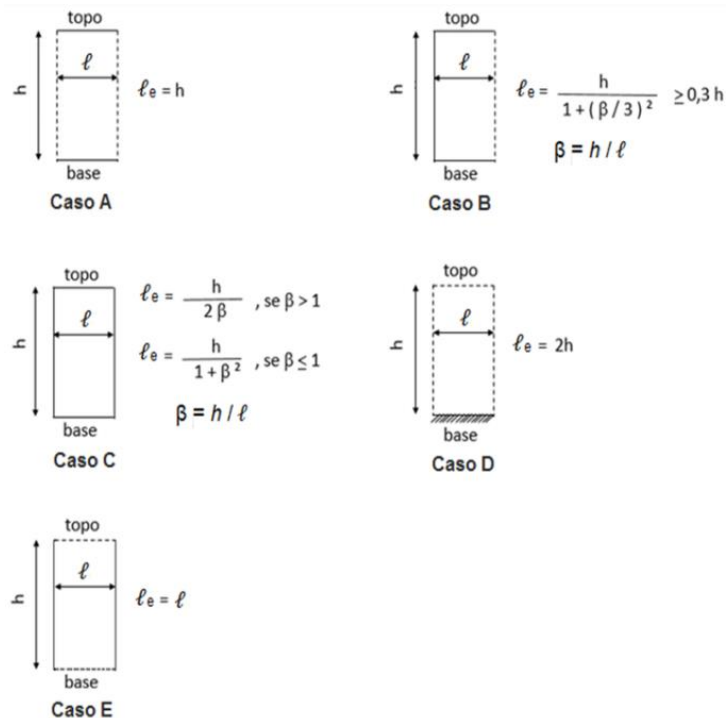
Para: $\lambda < 35 \rightarrow k_1 = 1, k_2 = 0$;

Para: $35 \leq \lambda \leq 86 \rightarrow k_1 = \frac{\lambda}{35}, k_2 = 0$;

Para: $86 \leq \lambda \leq 120 \rightarrow k_1 = \frac{\lambda}{35}, k_2 = \frac{\lambda - 86}{35}$;

Ademais, a altura equivalente (l_e) poderá ser encontrada através da imagem 12, sendo H a distância de piso a piso.

Figura 12 – Comprimento Equivalente l_e



Fonte: ABNT (2022)

Para o dimensionamento ser atendido é necessário que os esforços solicitantes sejam, por metro linear, menores que o valor resistente de cálculo da força normal de compressão, obtida pela expressão 2.2. Porém a segurança no estado limite último só será atendida caso a expressão 2.4 seja comprovada (ABNT, 2022).

$$n_{d,resist} \geq \frac{3 \cdot n_{d,max} + n_{d,min}}{4} \quad (2.4)$$

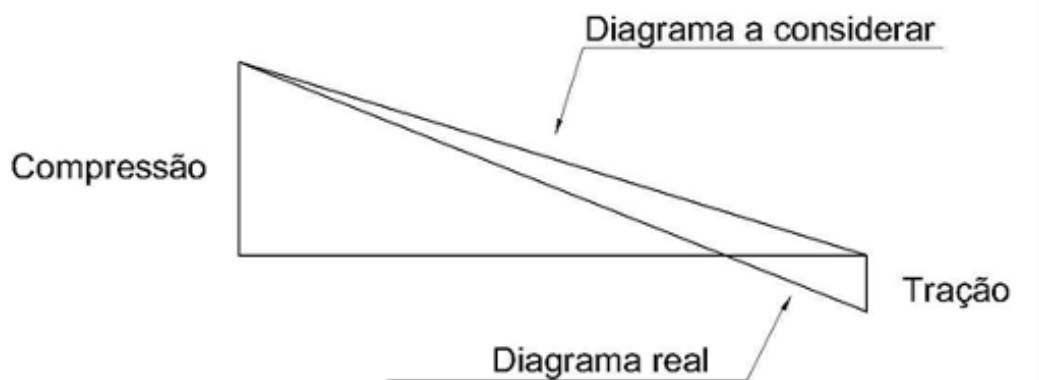
Onde:

$\eta_{d,max}$: é o maior valor normal por unidade de comprimento, para o carregamento considerado, no trecho escolhido, obtida no caso mais desfavorável;

$\eta_{d,min}$: é o menor valor normal por unidade de comprimento, para o carregamento considerado, no trecho escolhido, obtida no caso mais favorável.

Os valores de $\eta_{d,max}$ e $\eta_{d,min}$ devem corresponder aos esforços nos extremos do trecho considerado. Importante pontuar que é necessário que ao longo de toda a extensão desse trecho, os sinais destes valores mantenham-se constantes. Para tração o valor de $\eta_{d,min}$ é igual a zero (ABNT, 2022).

Figura 13 – Diagrama de Esforços de Compressão



Fonte: ABNT (2022)

2.1.2.5 Resistência à Tração

Os efeitos de tração em paredes de concreto são causados pelas resultantes de forças e momentos fletores no plano da parede. Devem ser considerados todos os casos de carregamento e combinações que ocorrem em cada trecho da parede (ABNT, 2022). Para calcular o dimensionamento, a tração deve ser considerada conforme a equação 2.4.

2.1.2.6 Resistência ao Cisalhamento

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2022), a força cortante solicitante de cálculo em cada parede não deve superar a força cortante resistente de cálculo que pode ser encontrada pela expressão 2.5.

$$V_{Rd} = 0,3 \cdot f_{ct,d} \cdot \left(1 + \frac{3\sigma_{cmd}}{f_{ck}}\right) \sum (t \cdot l) \quad (2.4)$$

Sendo que as seguintes relações devem ser respeitadas:

$$1 + \frac{3\sigma_{cmd}}{f_{ck}} \leq 2 \quad \text{e} \quad f_{ctd} = \frac{0,21 \cdot (f_{ck})^{2/3}}{\gamma_c}$$

Onde:

σ_{cmd} : tensão média característica no concreto comprimido, expressa em megapascals (MPa);

t: espessura da parede;

ℓ: comprimento de cada trecho que compõe uma mesma parede, tomado sempre na direção do esforço cortante, expresso em metros (m);

f_{ck} : resistência característica à compressão do concreto expressa em MPa.

Caso a força solicitante de cálculo seja maior que a força resistente de cálculo, será necessário armar horizontalmente a parede para resistir ao cisalhamento, de forma que respeite a expressão 2.5.

$$V_{Sd} \leq V_{Rd} + V_{sd} \quad (2.5)$$

Sendo que

$$V_{sd} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \sum t \cdot l}{s} \quad (2.5)$$

Onde:

S: espaçamento da armadura de cisalhamento, que não pode exceder 30 cm;

f_{ywd} : tensão na armadura, limitada a f_{yd} , não se tomando valor superior a 435 MPa.

2.1.2.7 Dimensionamento ao Redor de Aberturas

O dimensionamento ao redor de aberturas em paredes de concreto é um aspecto crítico para garantir a estabilidade estrutural. A norma NBR 16055 (ABNT, 2022) estabelece que

todas as aberturas com dimensão horizontal maior ou igual a 40 cm devem ser reforçadas com armaduras específicas.

O reforço é composto por:

- Armaduras horizontais nas faces superior e inferior da abertura. A seção (área) de aço necessária deve ser determinada por um modelo elástico ou pelo método de bielas e tirantes;
- Vigas de verga, cuja armadura longitudinal deve ser calculada como a de uma viga apoiada nas laterais da abertura. Para esse cálculo, deve-se considerar o peso próprio da parede e a reação da laje na projeção da abertura. A altura da viga a ser considerada no cálculo é de, no máximo, metade do vão da abertura;
- Contravergas, que devem possuir uma armadura mínima de $0,5 \text{ cm}^2$.

Além disso, a norma exige que a ancoragem dessas armaduras seja feita a partir do limite da abertura, garantindo que os esforços sejam adequadamente transferidos para o restante da parede. Esse procedimento assegura que as tensões concentradas nas bordas das aberturas sejam resistidas, preservando a capacidade da parede de suportar as cargas verticais e horizontais.

2.2 Fluxograma

O fluxograma de processo é uma representação gráfica que utiliza símbolos e formas para mostrar as atividades e seu sequenciamento, funcionando como um mapa visual que guia do início ao fim. Ele divide o processo em partes menores e gerenciáveis, facilitando a compreensão (Templum, 2017).

Figura 14 – Desenho de um Tipo de Fluxograma



Fonte: ZEEV (2023)

O fluxograma também possui a capacidade de gestores e equipes compreenderem o escopo completo do processo, entendendo assim suas dependências e dificuldades (ZEEV,

2023). Na construção civil, o fluxograma poderá auxiliar na compra de materiais, contratação de mão de obra e outros benefícios.

2.2.1 Tipos de Fluxograma de Processo

Existem diferentes tipos de fluxograma de processos, cada um com estrutura e funcionalidade próprias. As classificações mais comuns são:

- Fluxograma Linear: Demonstra uma sequência linear de atividades;
- Fluxograma Funcional: Ele divide o processo em diferentes áreas, departamentos ou responsabilidades;
- Fluxograma de Blocos: Usa-se blocos para representar as atividades, e setas guiando o fluxo;
- Fluxograma de Produção Industrial: Utilizado para processos de fabricação, demonstrando fluxo de materiais e etapas de produção;
- Fluxograma Administrativo: Voltados para processos administrativos e negócios.

3 Metodologia

3.1 Revisão Bibliográfica

O seguinte trabalho foi realizado através de três frentes: primeiramente, foi realizado um revisão bibliográfica acerca do assunto, fundamentada em artigos acadêmicos, livros, dissertações e monografias. Realizou-se também uma análise aprofundada da norma brasileira – ABNT NBR 16055:2022 (Parede de Concreto Moldada no local para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos) – para a conferência e confirmação do que se estava sendo revisado previamente.

A revisão bibliográfica é uma etapa da pesquisa científica em que o pesquisador localiza e analisa publicações científicas sobre o tema estudado (Biblioteca Pe. Jaime Diniz, 2021). Existem três tipos principais de revisão de literatura:

- Revisão Narrativa: Não utiliza critérios específicos de busca. A seleção e interpretação das informações serão sujeitas à subjetividade dos autores;
- Revisão Integrativa: É um método que permite a combinação de dados da literatura empírica e teórica que podem ser direcionados a diferentes áreas do estudo, com critérios de busca bem especificados;

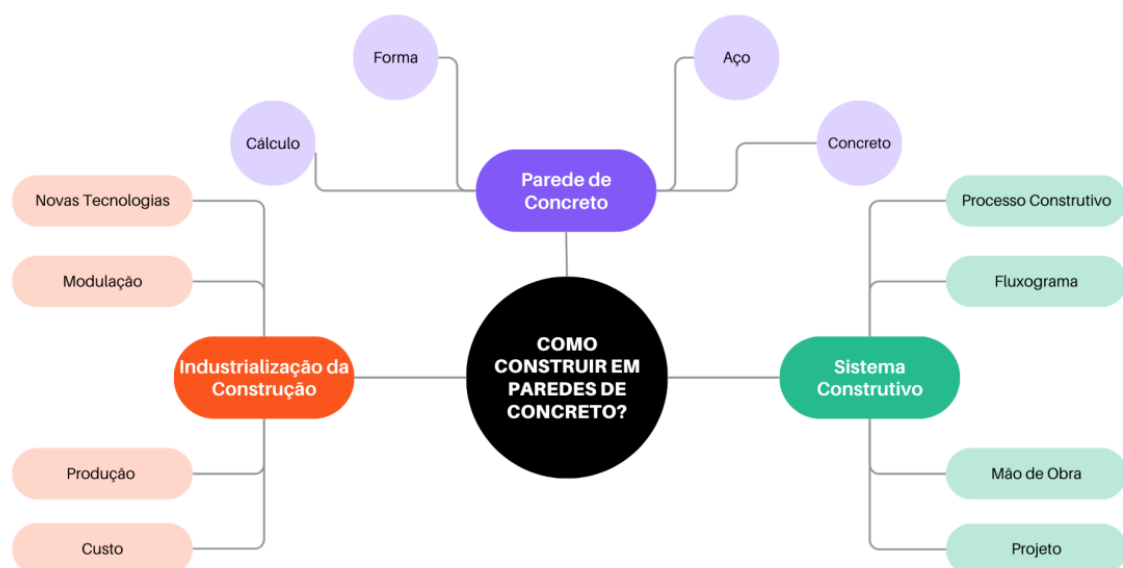
- **Revisão Sistemática:** Se preocupa em selecionar estudos experimentais que depois serão analisados criteriosamente, o levantamento dos dados é feito de forma planejada e controlada.

O presente estudo se caracteriza-se em uma revisão bibliográfica narrativa, realizada por meio de uma análise qualitativa e abrangente, mas sem critérios específicos de seleção ou estratégia de busca sofisticada.

3.1.1 Revisão Bibliográfica Narrativa

A revisão bibliográfica narrativa começou com a definição de uma pergunta norteadora que será respondida na pesquisa. Ademais, foi listado todos os assuntos que estão relacionados com a pergunta, elaborados com palavras chaves.

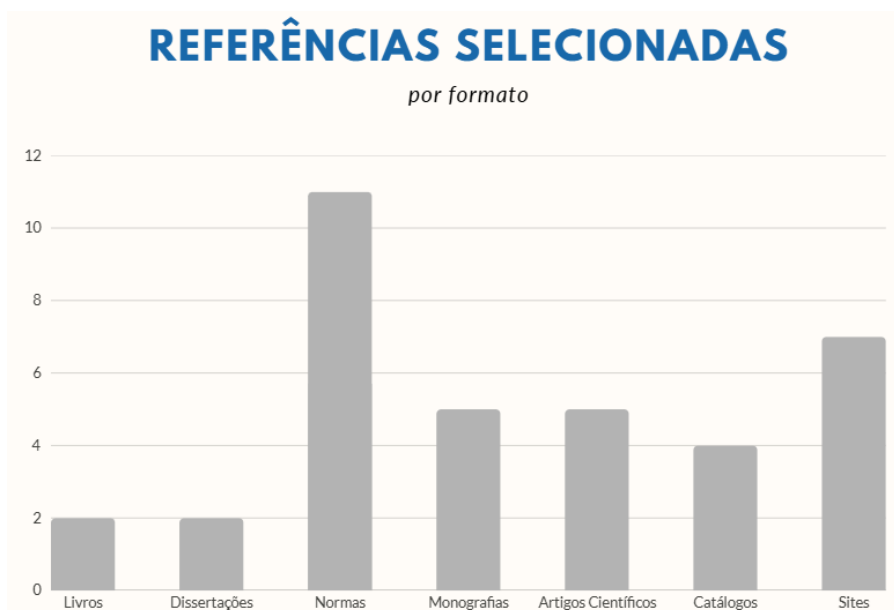
Figura 15 – Diagrama de Palavras Chave



Fonte: Autoria Própria

Com a premissa central e suas palavras chaves definidas, realizou-se a consulta em bases como Google Acadêmico e Periódicos CAPES. Diante do grande número de artigos, selecionaram-se os títulos mais alinhados ao tema, priorizando os resumos com maior contribuição ao estudo. Além disso, algumas informações foram obtidas em páginas de grandes construtoras, fornecedores e institutos de pesquisa.

Gráfico 01 –Referências Seleccionadas



Fonte: Autoria Própria

Após a seleção e leitura das referências, foram elaborados fichamentos das principais obras consultadas, destacando conceitos-chaves, imagens e dados relevantes. Com esse material, desenvolveu-se a redação do texto a partir dos apontamentos dos fichamentos e das citações dos autores.

3.2 Estudo de Casos

Em um segundo momento foi realizado visitas em obras que utilizam o método construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*, coletando informações através de entrevistas com os profissionais responsáveis, análise dos documentos da obra, registro fotográficos e observações diretas, ajudando na ilustração do que estava sendo estudado anteriormente e absorver vícios típicos de obras e boas práticas que possam auxiliar futuros projetos.

3.2.1 Caracterização das Obras

Foram feitas visitas e análises em cinco obras que utilizam o sistema de parede de concreto moldadas *in loco* como o principal método construtivo. Quatro delas estão localizadas na Paraíba, mais especificamente em Cabedelo e João Pessoa, e uma em Parnamirim – Rio Grande do Norte. Os empreendimentos variam de alto/médio padrão a moradias populares do Programa Minha Casa Minha Vida.

Apesar de todas as obras utilizarem o sistema de parede de concreto, algumas aplicam apenas nas paredes externas, com as internas em Drywall. Além disso, a espessura das paredes variam entre 10 a 15 cm, com o tipo de fundação dependendo do terreno. Em comum, todas possuem instalações elétricas e hidráulica embutidas, vãos de portas e janelas moldados durante a concretagem, forma de alumínio e a utilização de concreto autodensável.

Das cinco obras observadas, quatro delas são em formato de torre, com 16 a 18 pavimentos, e uma delas no formato de blocos com 4 pavimentos. As unidades habitacionais variam em área conforme o padrão dos empreendimentos, mas o acabamento é bastante similar, com reboco de gesso, cerâmica, piso laminado e pintura em tinta latéx como principais revestimentos de paredes e piso. As fachadas são revestidas em textura com componente algicida e tratadas com selador elastomérico.

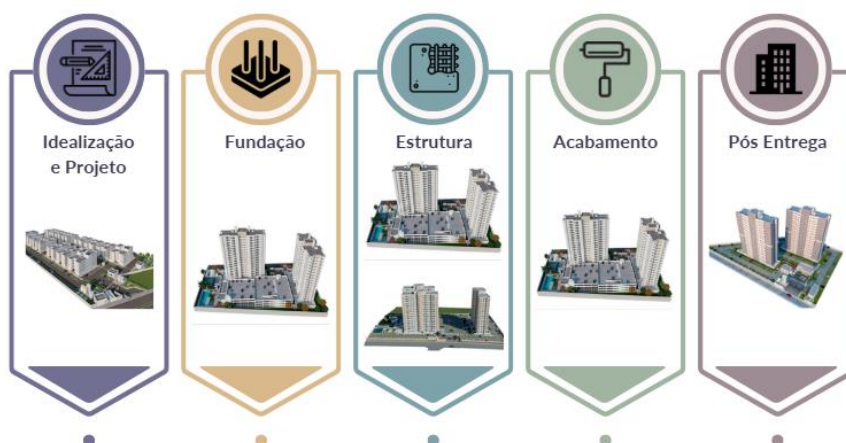
Figura 16 – Vista 3D de Três Empreendimentos



Fonte: Book da Construtora (2025)

O lançamento e a construção das obras ocorreram entre 2020 e 2025, totalizando 840 unidades habitacionais entregues durante esse período, e mais 1536 apartamentos para serem entregues no futuro próximo. As obras foram observadas ao longo de aproximadamente um ano, em fases diferentes, apresentando processos construtivos similares, mas com algumas características diferentes de gestão de produção e qualidade.

Figura 17 – Fase das Obras no Momento das Visitas



Fonte: Autoria Própria

3.2.2 Coleta e Análise dos Dados

A coleta de dados foi realizada por meio de observações diretas, registros fotográficos das práticas construtivas, uso de materiais, gestão de equipe e execução dos serviços. Também foi feita análise documental de registros internos, indicadores de produtividade e qualidade disponíveis nas plataformas da empresa.

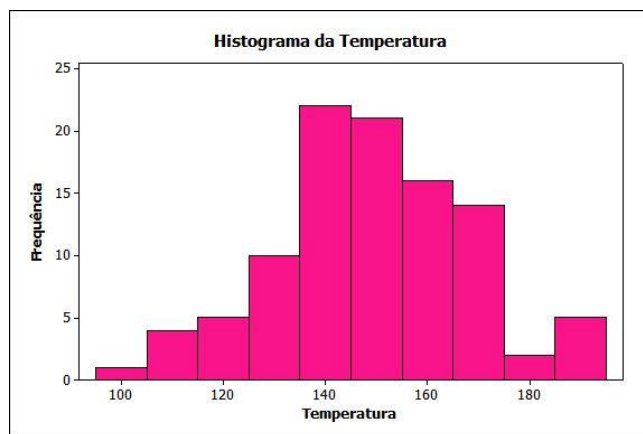
A análise das observações nos canteiros foi guiada pelos princípios da gestão da qualidade, com foco no Controle Estatístico do Processo (CEP) e na capacidade do processo. Para isso, foram aplicadas ferramentas como histograma, gráfico de Pareto e diagrama de dispersão.

3.2.2.1 CEP – Controle Estatístico do Processo

O CEP é uma poderosa coleção de ferramentas de análise e resolução de problemas útil na obtenção da estabilidade do processo e na melhoria da capacidade através da redução de variabilidade. Uma ferramenta muito utilizada no CEP é o histograma que permite a visualização de uma distribuição de frequências, cuja base representa uma classe e a altura uma frequência absoluta com que o valor de cada classe ocorre. Ele terá a função importante de demonstrar através dos valores extremos indicados a centralização da distribuição, a amplitude e simetria (Alura, 2021). Importante indicar que todas as análises das ferramentas da qualidade foram utilizadas uma amostragem de cinco pavimentos de duas obras, sendo que só foram selecionadas 100 paredes.

Para montar o histograma, dividiu-se a amplitude dos dados em intervalos de classes, adotando um total de 8 classes. O número de observações, usualmente, é determinado pelo número de classes ao quadrado. Com isso, são determinados os limites superior e inferior para que, enfim, os dados sejam ordenados nas classes e seja feita a contagem do número de observações para cada uma delas.

Figura 18 – Exemplo de um Histograma



Fonte: Lean Six Sigma Brasil (2020)

Outra ferramenta utilizada foi o gráfico de Pareto que é um gráfico do tipo de barra no qual os fatores que contribuem para os efeitos do processo são ordenados do de maior contribuição para o de menor contribuição, importante pontuar que o gráfico de Pareto não identifica automaticamente os defeitos mais importantes, mas apenas os mais frequentes (IHI, 2017). Para montar um gráfico de Pareto, primeiro, deve-se escrever os dados em uma tabela simples listando os fatores que contribuem para determinado efeito e calculado a porcentagem total que cada fator representa.

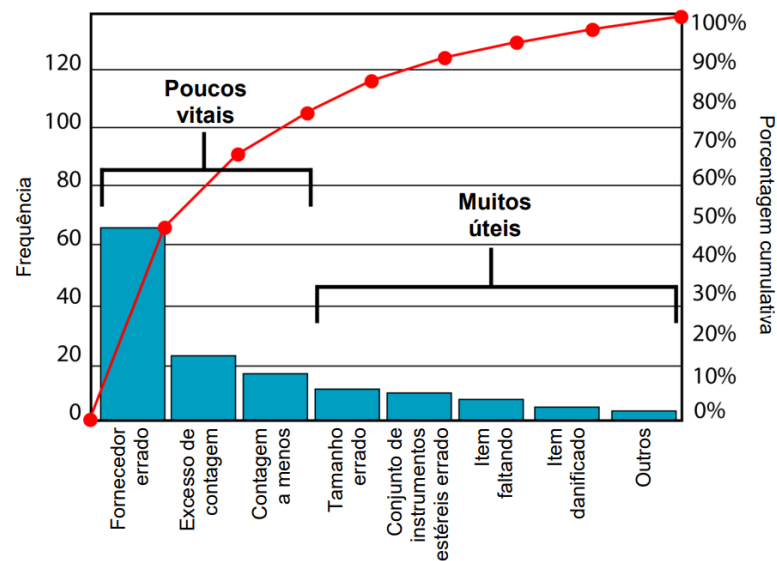
Figura 19 – Exemplo de Coleta de Dados para Gráfico de Pareto

Tipo de erro	Frequência	Percentual	Cumulativo %
Fornecedor Errado	67	46.5	46.5
Excesso de Contagem	24	16.7	63.2
Contagem a Menos	17	11.8	75
Tamanho Errado	10	6.9	81.9
Conjunto de Instrumentos Estéreis Errados	10	6.9	88.8
Item Faltante	8	5.6	94.4
Item Danificado	6	4.2	98.6
Outros	2	1.4	100
TOTAL	144	100	

Fonte: IHI (2017)

O gráfico de Pareto é construído com o eixo vertical esquerdo representando a unidade de comparação e o direito o percentual acumulado (0 a 100%). No eixo horizontal ficam as categorias, representadas por barras de magnitude e por uma linha de porcentagem acumulada (IHI, 2017).

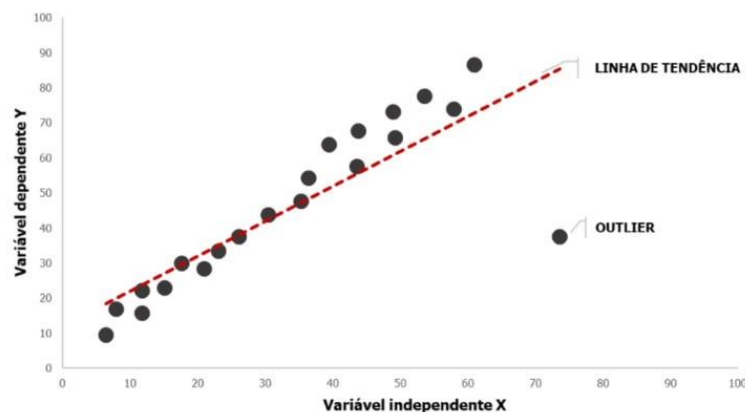
Figura 20 – Exemplo de Gráfico de Pareto



Fonte: IHI (2017)

Por fim, outro elemento utilizado do CEP foi o gráfico de dispersão. Ele é uma ferramenta útil para identificação de relações potenciais entre duas variáveis; os dados são coletados em pares sobre duas variáveis (IHI, 2017).

Figura 21 – Exemplo de Gráfico de Dispersão



Fonte: DataGeeks (2024)

3.2.2.2 Capabilidade do Processo

A capacidade do processo consiste na capacidade do processo em produzir itens dentro das especificações. Os principais indicadores são o Cp, o Cpk. Importante indicar que ele avalia os parâmetros fundamentais ou características críticas para a qualidade de um produto, e não o processo em si (Oliveira et al, 2011).

As razões de capacidade do processo (RCP) auxiliam na análise da capacidade do processo, com o Cp medindo a capacidade potencial do processo e o Cpk a capacidade real do processo (Oliveira et al, 2011).

- Cp: Mede a habilidade teórica de um processo produzir dentro dos limites de especificação se estiver centralizado na média ideal. Representado quão bom o processo poderia ser se estivesse perfeitamente centrado;

$$Cp = \frac{Lse - Lie}{6\sigma} \quad (3.1)$$

A expressão 3.1 supõe que o processo tenha ambos os limites de especificação. Porém caso as especificações sejam unilaterais, usam-se razões de capacidade do processo unilaterais.

$$Cps = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \quad e \quad Cpi = \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \quad (3.2)$$

Se o processo não está centrado, o Cp pode indicar uma boa capacidade do processo, porém o Cpk revelar que o processo está fora dos limites aceitáveis.

- Cpk: Mede tanto a dispersão quanto o deslocamento da média do processo em relação aos limites de especificação.

$$Cpk = \min(Cps = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}, Cpi = \frac{\mu - LIE}{3\sigma}) \quad (3.3)$$

Onde:

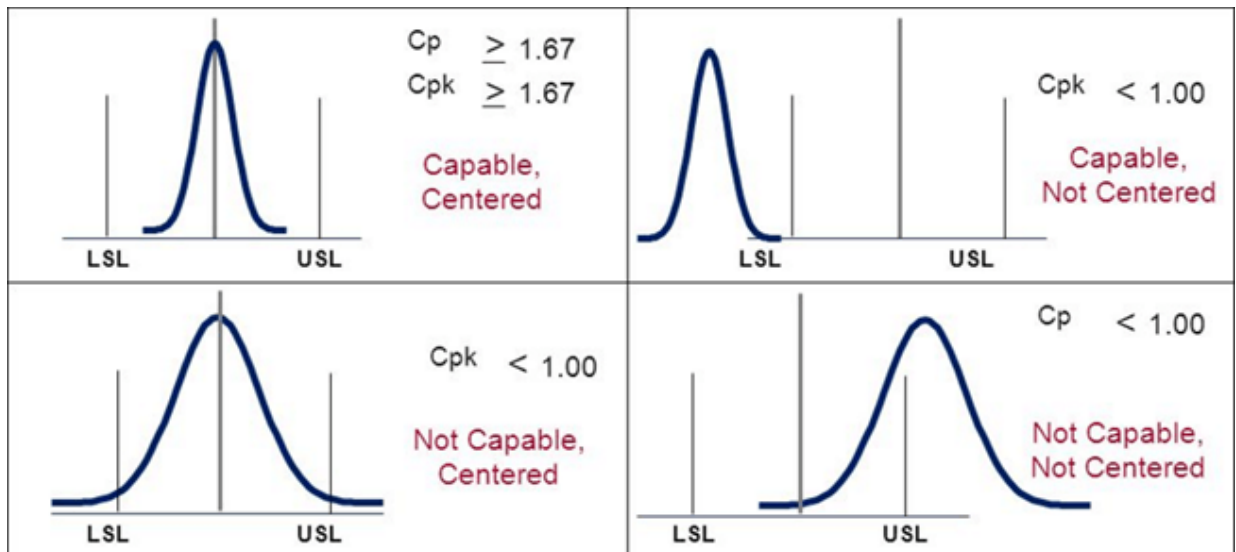
LSE: Limite superior de especificação;

LIE: Limite inferior de especificação;

μ : Média ;

σ : Desvio Padrão ;

Figura 22 – Razões de Capacidade do Processo



Fonte: LatestQuality (2017)

3.3 Montagem do Fluxograma

Por fim, a montagem do fluxograma foi feita se baseando em teorias já consolidada sobre essa ferramenta da qualidade, de modo a estruturar de forma sequencial e organizada todas as etapas do processo executivo das paredes de concreto moldadas *in loco*. Essa sistematização permitiu não apenas a visualização clara do fluxo de atividades, mas também a identificação de pontos críticos de controle, onde se tornam necessárias verificações mais rigorosas para garantir a conformidade com a norma técnica.

O primeiro passo para a montagem do fluxograma foi listar todas as atividades realizadas durante o processo produtivo da parede de concreto moldada *in loco*, entendendo o que faz o fluxo iniciar e quais as fases que fazem ele chegar ao final (ISO, 1985). A ferramenta escolhida para a elaboração do fluxograma foi o Miro, que é um espaço para a inovação onde equipes podem gerenciar projetos e desenvolver diagramas personalizados.

A norma ISO 5807/1985 classifica as simbologias utilizadas como símbolos básicos e símbolos específicos. Eles podem ser agrupados em dados, processos, linhas e especiais. Buscando aproveitar o potencial comunicativo dos símbolos visuais sob os longos textos descritivos.

Quadro 02 – Símbolos para Fluxograma de Processos

<i>Símbolo</i>	<i>Nome Classificação</i>	<i>Utilidade</i>
	<i>Processo</i> Básico	Representar qualquer tipo de processo, processamento de função, por exemplo executando uma operação definida ou grupo de operações resultando na mudança de valor, forma ou localização de uma informação, ou determinação de uma, entre várias direções de fluxo, a ser seguida.
	<i>Processo pré-especificado</i> Específico	Representar um processo nomeado, consistindo de um ou mais passos de programa que são especificados em outro local, como, por exemplo, uma subrotina ou módulo de programa.
	<i>Operação manual</i> Específico	Representar um operação manual, ou seja, qualquer processo executado por um ser humano.
	<i>Preparação</i> Específico	Representar modificação de uma instrução ou grupo de instruções de forma a afetar a atividade subsequente, por exemplo, configurar uma chave, alavanca, modificar o indexador de um registro, ou inicializar uma rotina.
	<i>Decisão</i> Específico	Representar uma decisão ou um desvio tendo uma entrada, porém pode ter uma série de saídas alternativas, uma única das quais deverá ser ativada como consequência da avaliação das condições internas ao símbolo. O resultado apropriado de cada saída deverá ser escrito adjacente à linha representando o caminho respectivo.
	<i>Modo paralelo</i> Específico	Representar processamento paralelo ou a sincronização de duas ou mais operações paralelas.
	<i>Limitador de laço repetitivo</i>	Início e final de laço (Loop) controlado. Deve existir em conjunto com o símbolo a seguir, que mostra o final do laço. As condições de inicialização, incremento, terminação, etc., devem aparecer dentro do símbolo respectivo, de acordo com a posição da operação de teste.
	Específico	
<i>Símbolo</i>	<i>Nome Classificação</i>	<i>Utilidade</i>
	<i>Linha básica</i> Básico	Representar o fluxo dos dados ou controles. Podem ser utilizadas pontas de seta, sólidas ou abertas, na extremidade para indicar a direção do fluxo onde necessário ou para enfatizá-lo e facilitar a legibilidade.
	<i>Transferencia de controle</i> Específico	Representar a transferência de controle de um processo para outro, algumas vezes com oportunidade de retorno direto para ativação de processos, após estes completarem suas ações. O tipo de transferência pode ser nomeado no símbolo, por exemplo, chamada (call), evento, etc.
	<i>Link de comunicação</i> Específico	Representar a transferência de dados por um "link" de telecomunicações.
	<i>Linha tracejada</i> Específico	Representar um relacionamento alternativo entre dois ou mais símbolos. Também é utilizado para delimitar uma área de anotações.
<i>Símbolo</i>	<i>Nome</i>	<i>Utilidade</i>
	Conector	Representar saída para, ou entrada de, outra parte do mesmo fluxograma, usada para quebrar uma linha e continuá-la em outra parte. Os símbolos de conexão devem possuir o mesmo identificador (único) interno.
	Terminador	Representar saída para, ou entrada do, ambiente externo, por exemplo início ou final de programa, uso externo e origem ou destino de dados, etc.
	Anotação	Representar adição de comentários para esclarecimento ou explanação de observações. Devem ser utilizadas linhas tracejadas ligando ou cercando o(s) símbolo(s) respectivo(s), próximo(s) e ao redor do(s) mesmo(s).

Fonte: Alterado de Soares et al. (2025)

O desenho dos símbolos foram feitos com um espaçamento e dimensões uniformes, evitando a utilização de linhas longas e alterações dos ângulos dos formatos. Eles podem ser traçados em quaisquer orientações, porém é recomendado que ele seja escrito na horizontal (ISO, 1985). Os textos são lidos da esquerda para a direita, de cima para baixo, independente da orientação das linhas de fluxo.

4 Resultados e Discussões

4.1 Método Executivo

O sistema de paredes de concreto deve ser entendido como um modelo industrializado, com uma cadeia produtiva bem estruturada, necessitando de planejamento prévio. É necessário que a construtora que deseja iniciar um projeto de paredes de concreto faça um estudo aprofundado tanto de viabilidade quanto de execução, e isso se dá pela montagem de um método executivo padronizado. Assim, com os procedimentos utilizados no terceiro item deste trabalho (Metodologia), foi possível acompanhar cada fase do processo, desde a concepção do projeto até a fase pós-entrega de uma obra de parede de concreto, e elaborar um fluxograma completo, que pode ser visto no Anexo A.

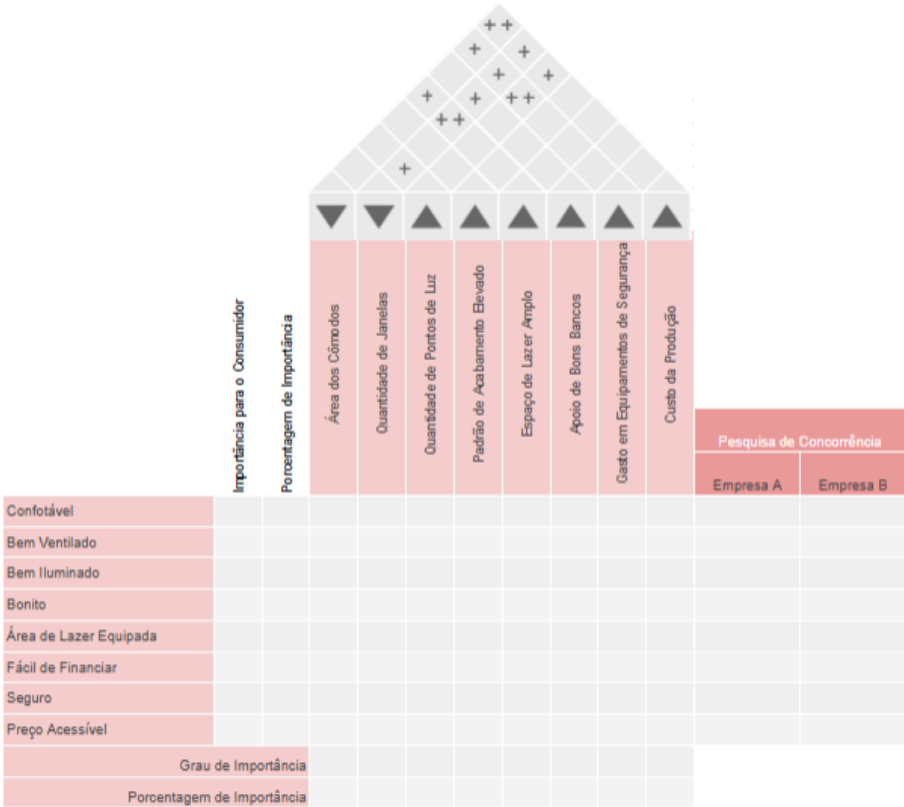
4.1.1 Concepção do Projeto

A concepção de qualquer projeto de construção civil deve iniciar-se com o estudo de viabilidade inicial. Para obras em paredes de concreto armado, é necessário considerar tanto características da empresa, como fluxo de caixa, logística e mão de obra, quanto características gerais do local da obra, como escolha do terreno, análise do mercado e despesas contábeis (Rigueira, 2014).

O estudo de viabilidade é uma análise na fase de planejamento da obra que avalia se o projeto é viável, considerando os riscos, custos e retorno financeiro. Ele opera através de pesquisas de campo, que fornecem informações para o melhor desempenho do projeto e possíveis problemas que podem surgir durante a execução. Uma das melhores maneiras de se verificar a efetividade de algo é através de levantamentos de mercado, principalmente através de um QFD (Quality Function Deployment).

O QFD é uma ferramenta que permite converter os requisitos do consumidor em características de qualidade do produto, buscando ouvir os desejos dos clientes e transformá-los em especificações para o projeto final. Para montar um QFD, primeiro é necessário listar as possíveis necessidades dos consumidores no projeto, ou seja, os “quês”. Em seguida, deve-se coletar a ordem de importância desses requisitos e relacioná-los às formas de atendê-los ou às especificações do produto. É importante também correlacionar as especificações do produto e realizar uma análise da concorrência. Dessa forma, o resultado final será um diagrama de causa e efeito com as principais especificações do projeto.

Figura 23 – Exemplo de QFD



Fonte: Autoria Própria

Com a pesquisa de mercado e o estudo de viabilidade concluídos, é necessário realizar a aquisição do terreno, que, antes de ser oficializada, deve passar pelos estudos de sondagem e impacto ambiental, além do levantamento planimétrico e altimétrico.

Os estudos e serviços preliminares irão guiar a elaboração dos projetos, com dados que serão de extrema importância para a execução desses. Em obras de paredes de concreto, a compatibilização entre os projetos é de extrema importância, visto que diversos dos elementos serão embutidos na parede.

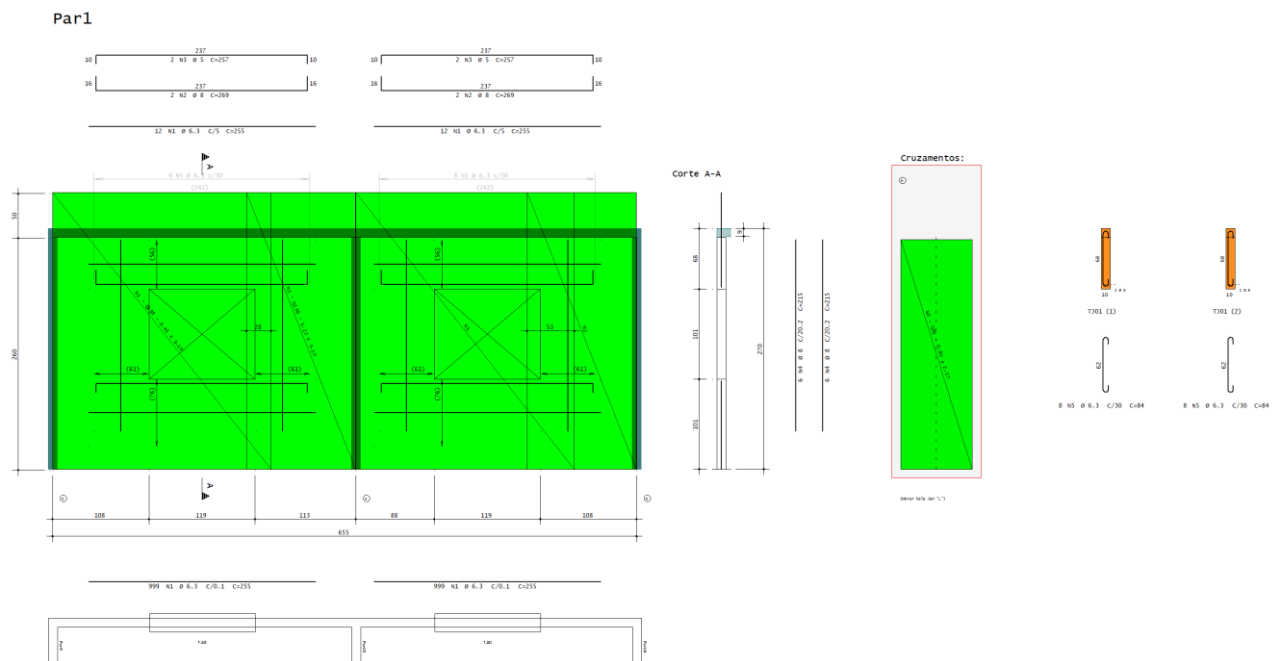
Os estudos e serviços preliminares guiarão a elaboração dos projetos, fornecendo dados essenciais para sua execução. Em obras de paredes de concreto, a compatibilização entre os projetos é fundamental, pois diversos elementos serão embutidos nas paredes.

De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2022), um projeto de paredes de concreto deve apresentar um sistema estrutural adequado à função da edificação, combinações de ações compatíveis e representativas, dimensionamento e verificação de todos os elementos estruturais presentes, e especificações dos materiais de acordo com o dimensionamento realizado. O projeto estrutural deverá conter: plantas de formas; elevações das paredes com a

respectiva armadura; e detalhamento das etapas construtivas com as respectivas idades e resistências do concreto.

O memorial descritivo deverá conter a caracterização do empreendimento e do local de implantação, hipóteses adotadas para o carregamento, descrição da estrutura com as condições de contorno e informações quanto ao enquadramento do edifício simplificado (ABNT, 2022).

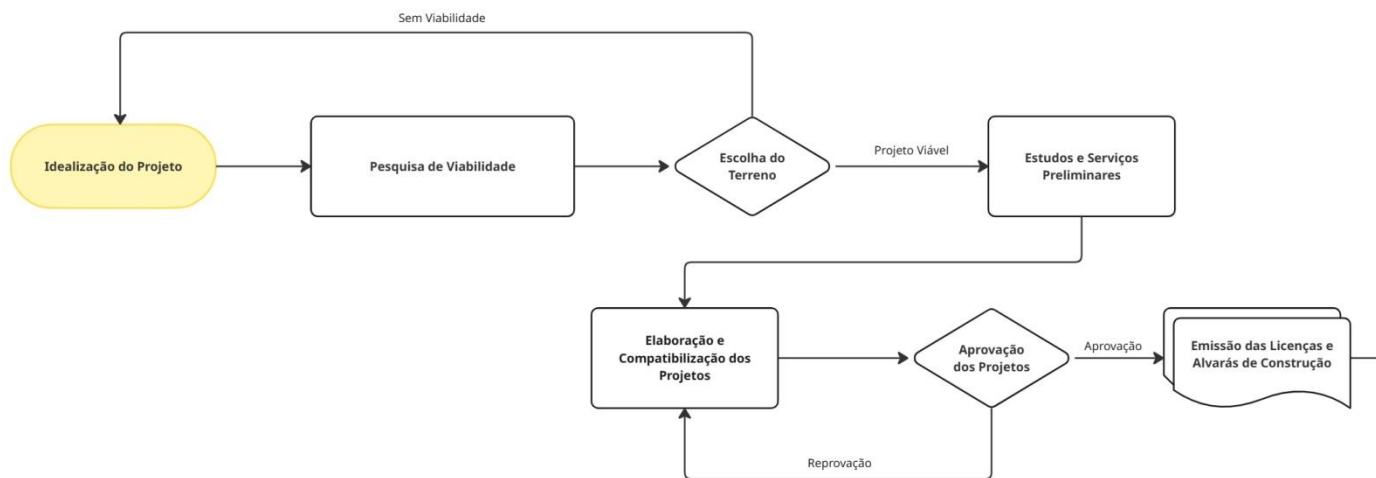
Figura 24 – Projeto de Armação da Parede de Concreto



Fonte: TQS (2025)

O projeto de formas deverá apresentar o detalhamento geométrico e o posicionamento dos painéis, detalhamento geométrico do travamento e do aprumo, além do projeto de escoramento, de forma que a estrutura não seja comprometida pelas ações que possam atuar durante a execução da parede de concreto (ABNT, 2022). Depois que todos os projetos estiverem elaborados e compatibilizados, será o momento de obter a aprovação nos órgãos competentes e a emissão dos alvarás de construção. Com a documentação em mãos, inicia-se a fase de orçamentação e planejamento da obra, seguida pela limpeza e implantação do canteiro de obras.

Figura 25 – Primeira Parte do Fluxograma



Fonte: Autoria Própria

4.1.2 Implantação do Canteiro de Obras

A implantação de qualquer canteiro de obras deve contemplar todas as necessidades do sistema construtivo adotado. No caso de paredes de concreto, é importante o planejamento de alguns elementos específicos para garantir maior produtividade e qualidade no processo.

Figura 26 – Canteiro de Obras com Paredes de Concreto



Fonte: Forza (2024)

Primeiramente, a forma como alguns materiais devem ser armazenados seguirá os requisitos da norma NBR 16055 (ABNT, 2022). O aço não deve estar em contato com o solo e poças de água, para evitar a corrosão eletrolítica, ou em contato com o barro, com o objetivo de não prejudicar a aderência das barras ao concreto. Também devem ser armazenadas em locais que impeçam danos e deformações que possam prejudicar sua utilização; é importante que as telas estejam niveladas – para evitar escorregamento. É recomendado a identificação das barras e telas por tipo e bitola.

As formas de alumínio devem ser armazenadas em local seguro e organizado, com as peças estando identificadas e paletizadas, com um limite de 20 painéis empilhados (Forsa, 2024). Para os acessórios de travamento é recomendado o armazenamento em baldes. A identificação das peças irá depender dos critérios do fabricante ou da obra, sendo sugerido que as peças sejam identificadas por tamanho e cômodo.

O canteiro de obras também deve ser planejado para a necessidade da implantação de um laboratório de controle tecnológico. A instalação de laboratório no local da obra é uma exigência da PBQP-H para locais que não possuem um laboratório com uma distância permitida para a coleta das amostras. A estrutura deverá permitir a moldagem e armazenamento dos corpos de prova de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015).

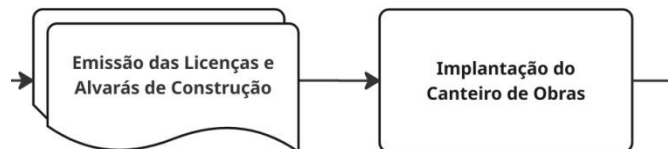
Figura 27 – Laboratório de Controle Tecnológico *in loco*



Fonte: Autoria Própria

Em empreendimentos com muitos pavimentos, pode-se instalar uma grua para facilitar o transporte de materiais aos andares superiores, devendo sua localização evitar o içamento sobre áreas de passagem de pessoas.

Figura 28 – Segunda Parte do Fluxograma



Fonte: Autoria Própria

4.1.3 Fundação

Não existem restrições sobre o tipo de fundação utilizada em obras de parede de concreto, a escolha irá depender do local do empreendimento, do clima, do solo e da geografia (Missureli & Massuda, 2009). Porém, é sugerido que seja executada uma laje na cota do terreno, garantindo um apoio ao sistema de fôrmas e facilitando a montagem da armação e marcação das paredes, e que sejam embutidas todas as instalações necessárias para a continuidade dos sistemas hidrosanitários e elétricos do edifício.

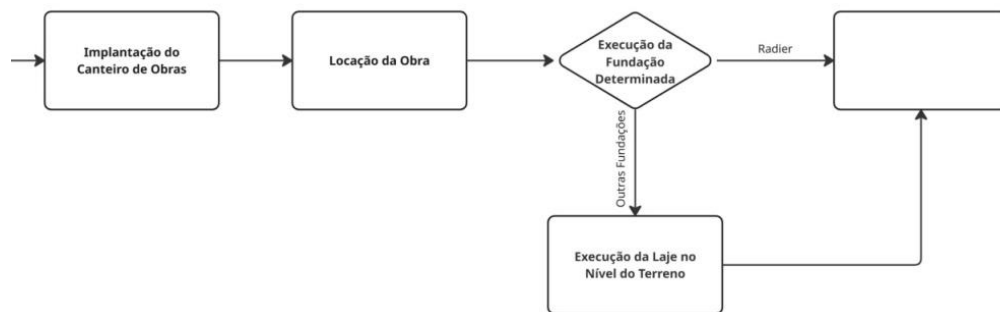
Figura 29 – Modelo de Fundação para Paredes de Concreto



Fonte: Autoria Própria

Por esses motivos, o modelo de fundação mais utilizado é o de radier, visto que é um elemento de fácil/rápida execução e que contempla tudo que foi citado anteriormente. Importante destacar que o radier também pode ser sobreposto a fundações profundas com estacas pré-moldadas ou moldadas *in loco*. Na execução do radier ou de qualquer outro tipo de fundação é importante observar a aplicação de materiais impermeabilizantes e a locação e o nível dos elementos, de forma que mantenham uma folga nas medidas de 5 cm.

Figura 30 – Terceira Parte do Fluxograma



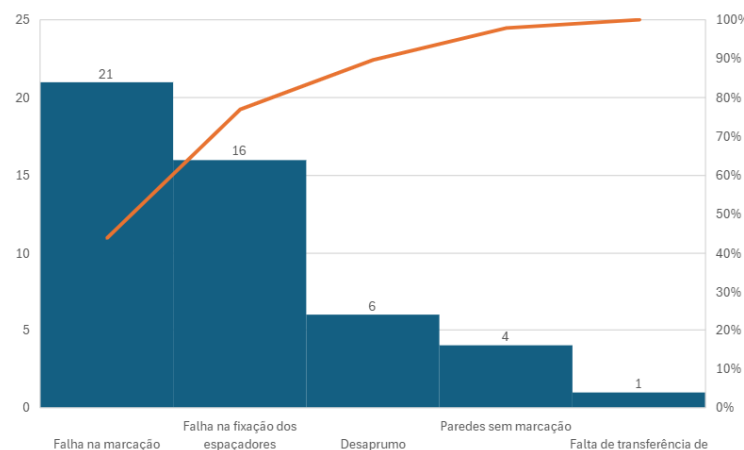
Fonte: Autoria Própria

4.1.4 Marcação das Paredes

É a partir da marcação das paredes que se inicia propriamente a fase de estrutura do processo construtivo. A etapa de locação consiste no desenho das faces da parede para orientar o posicionamento dos painéis de forma.

Analisando o gráfico de Pareto, é possível identificar os erros e não conformidades mais recorrentes nessa etapa e destacar as partes críticas que exigem maior atenção.

Gráfico 02 – Gráfico de Pareto para Marcação das Paredes



Fonte: Autoria Própria

Primeiramente, é necessária a contratação de uma equipe de topografia que transferirá os eixos do gabarito para o elemento de fundação e demarárá os pontos dos cantos das faces externas. Com isso, a marcação iniciará a partir da junta de dilatação e seguirá para todas as paredes internas e externas em ambas as faces. É importante ter em mãos o projeto com as cotas acumuladas para a conferência dos trechos executados.

Figura 31 – Marcação das Paredes

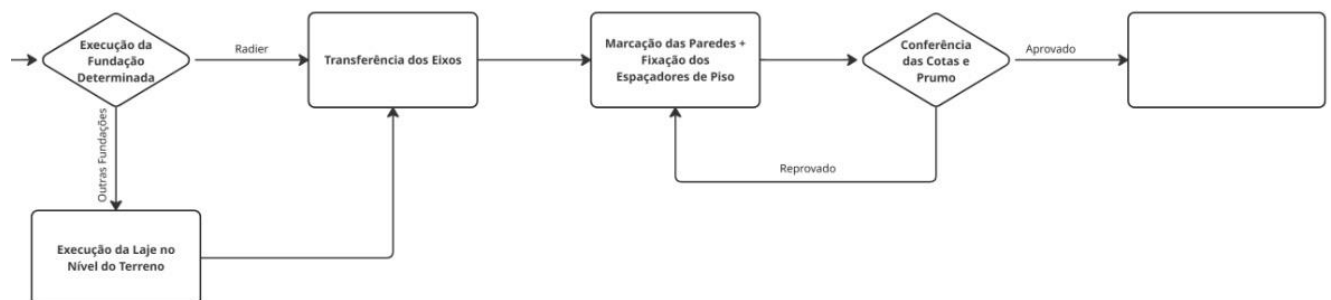


Fonte: Autoria Própria

Deverá ser seguido da locação a instalação de espaçadores no piso de modo que o distanciamento das formas seja mantido (Coletânea de Ativos – Parede de Concreto, 2007).

Para os pavimentos seguintes é importante conferir o desaprumo da torre, através da conferência da posição X e Y de todos os cantos externos por um topógrafo, utilizando como referência o mesmo ponto no térreo como referência.

Figura 32 – Quarta Parte do Fluxograma



Fonte: Autoria Própria

4.1.5 Montagem do Sistema de Proteção Coletiva

A medida em que o edifício de parede de concreto vai sendo elevado é necessário a instalação de um sistema de proteção coletiva, para a execução segura de todas as atividades que serão executadas.

O sistema de andaimes trepantes é o mais utilizado em obras de parede de concreto devido à sua eficiência e rápida produtividade (Forsa, 2024). Ele foi um sistema criado para solucionar problemas na execução de estruturas verticais de grande altura, onde ele se apoia na reutilização da forma na próxima etapa de concretagem, se ancorando na camada previamente executada. O sistema é composto por mísula, plataformas de trabalho e aprumadores (Mills, 2013).

Figura 33 – Sistema Gang com Andaimes Trepantes



Fonte: Forsa (2024)

Para a montagem do sistema de andaimes trepantes será necessário uma grua que irá içar as peças para o ponto onde será ancorado, para então esses serem fixado com os cones (ou io-iô). Após a fixação do andaime na estrutura será o momento de posicionar os aprumadores que irá ajustar o prumo dos painéis da fachada mesmo após a pressão do concreto durante a concretagem.

Figura 34 – Quinta Parte do Fluxograma



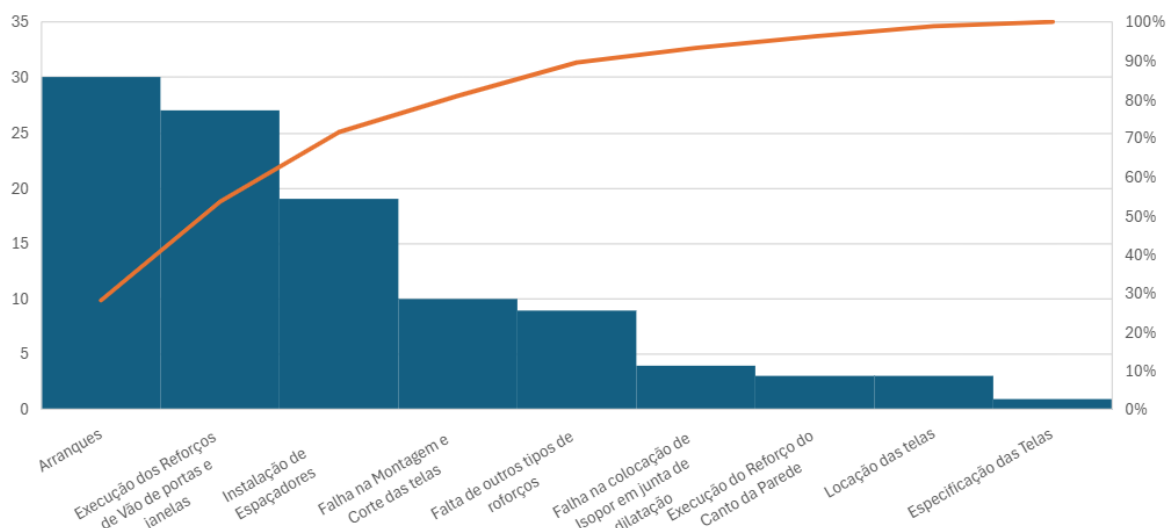
Fonte: Autoria Própria

Durante a execução da forma é importante a fixação de tubos posicionados no locais onde serão fixados os cones do andaime trepante, para que não seja necessário furar após a concretagem.

4.1.6 Montagem da Armação das Paredes

A montagem da armação da parede de concreto é uma etapa fundamental para o desempenho estrutural do sistema, é ela que irá resistir aos esforços de flexo-torção da paredes, controlar a retração do concreto e fixar as instalações. Analisando o gráfico de Pareto é possível identificar algumas etapas que devem ser vistoriadas mais afundo durante a execução.

Gráfico 03 – Gráfico de Pareto para Montagem de Armação



Fonte: Autoria Própria

A primeira etapa na montagem de armação é o posicionamento e o alinhamento dos arranques; são elementos formados por aço CA-60 e bitola de 5mm com a função de servir

como ponto de amarração das telas da parede. Nessa etapa é importante conferir o alinhamento, espaçamento e quantidade de arranques conforme é indicado no projeto estrutural.

Com isso, é iniciado a instalação das telas de aço conforme as indicações de corte e dobra do projeto de armação. Importante realizar o corte das telas antes do momento de montagem, buscando acelerar a produtividade. Com as telas postas é necessário a execução dos reforços de canto, que tem a função de realizar a união entre paredes e garantir que a estrutura seja monolítica. Por fim, será realizado o corte dos vãos de portas e janelas e a instalação dos reforços conforme indicado em projeto.

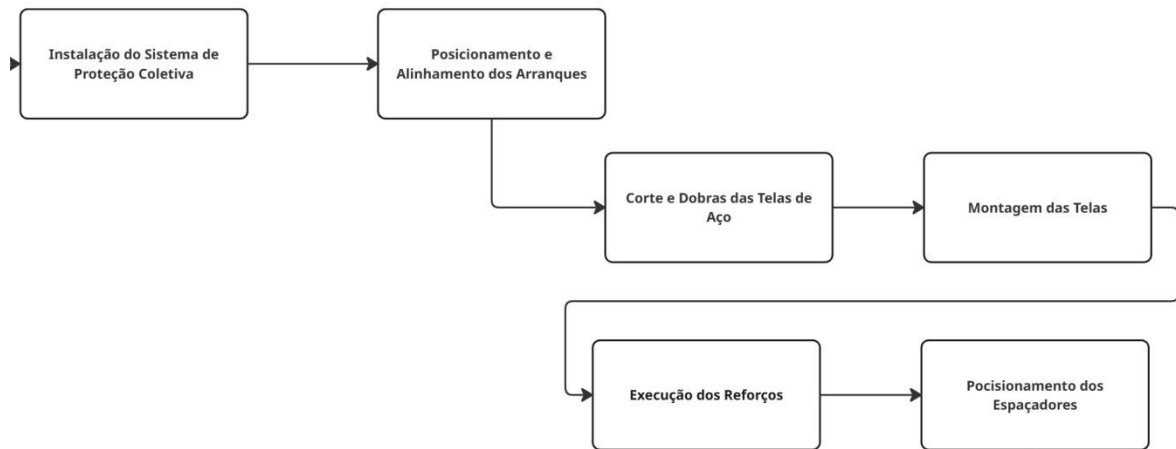
Figura 35 – Montagem de Armação para Parede de Concreto



Fonte: Autoria Própria

Com toda a armação da parede concluída e os reforços postos em seus devidos lugares será o momento da colocação dos espaçadores plásticos, com quantidade e distância conforme o projeto.

Figura 36 – Sexta Parte do Fluxograma

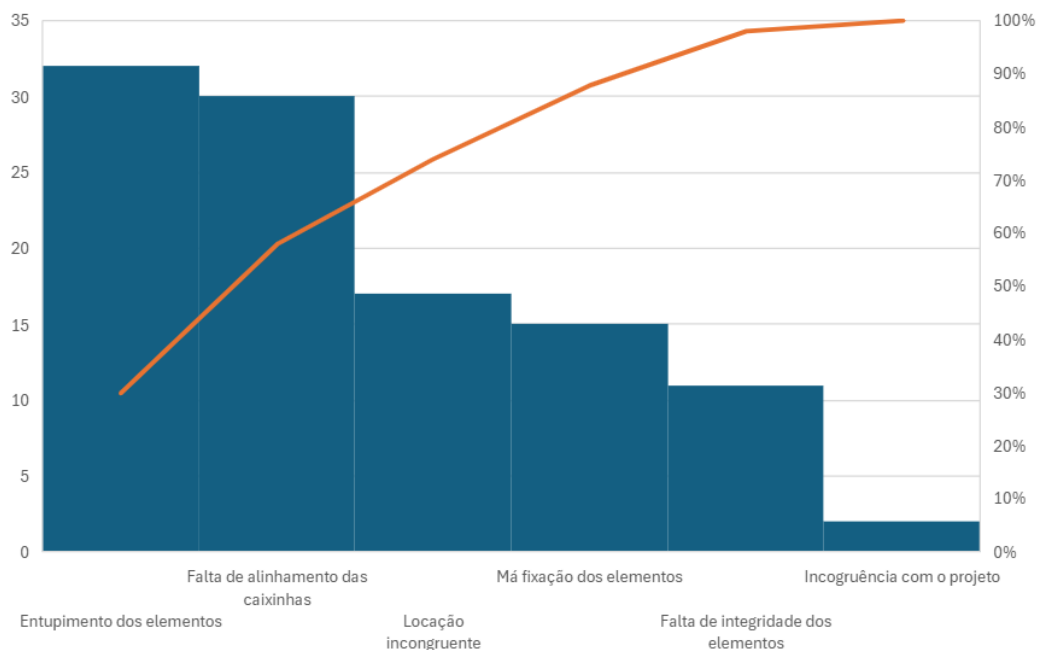


Fonte: Autoria Própria

4.1.7 Execução das Instalações nas Paredes

Uma exclusividade do sistema de paredes de concreto é o fato de que as instalações elétricas e hidráulicas já ficam embutidas na parede após a concretagem. No entanto, para evitar problemas como entupimentos, deslocamentos ou ausência de caixinhas elétricas, é necessário que alguns procedimentos sejam realizados corretamente.

Gráfico 04 – Gráfico de Pareto para Instalações Embutidas nas Paredes



Fonte: Autoria Própria

Para que a execução das instalações embutidas nas paredes seja compatível com o que foi definido em projeto, é necessária a montagem prévia dos “kits” de materiais, que serão devidamente posicionados. Dessa forma, controla-se a quantidade de materiais utilizados e reduz-se a ocorrência de erros. De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2022), não é permitida a utilização de tubos metálicos, assim como não é permitido instalar tubos com diâmetro superior a 25% da espessura da parede sem a devida execução de reforço. Mesmo com o uso de “kits”, ainda são comuns falhas na execução. Por isso, recomenda-se a validação de todos os pontos elétricos e hidráulicos por meio de um croqui de conferência.

Após a separação do material, inicia-se a fixação das caixinhas elétricas e dos eletrodutos com abraçadeiras de nylon. É essencial seguir rigorosamente o projeto de locação dos pontos elétricos para garantir precisão, bem como realizar a conferência da fixação de todo o sistema antes do fechamento das formas.

Figura 37 – Instalações Elétricas e Hidráulicas Fixadas na Armação



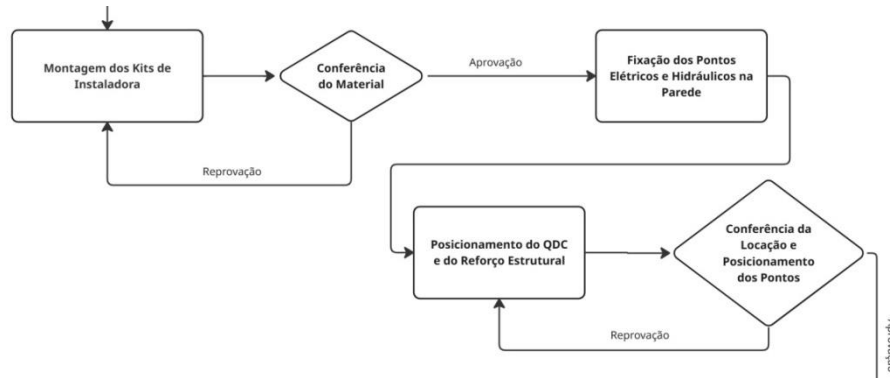
Fonte: Autoria Própria

A instalação do quadro de distribuição de circuitos (QDC) deve ser acompanhada da colocação das armaduras de reforço, quando exigido pelo projeto estrutural.

Como existem muitas diretrizes e dificuldades para a execução de instalações embutidas em paredes de concreto, é comum que a passagem de tubulações seja feita por fora

da estrutura, como no caso das instalações de esgoto e de águas pluviais, que geralmente são executadas dentro de “shafts”.

Figura 38 – Sétima Parte do Fluxograma

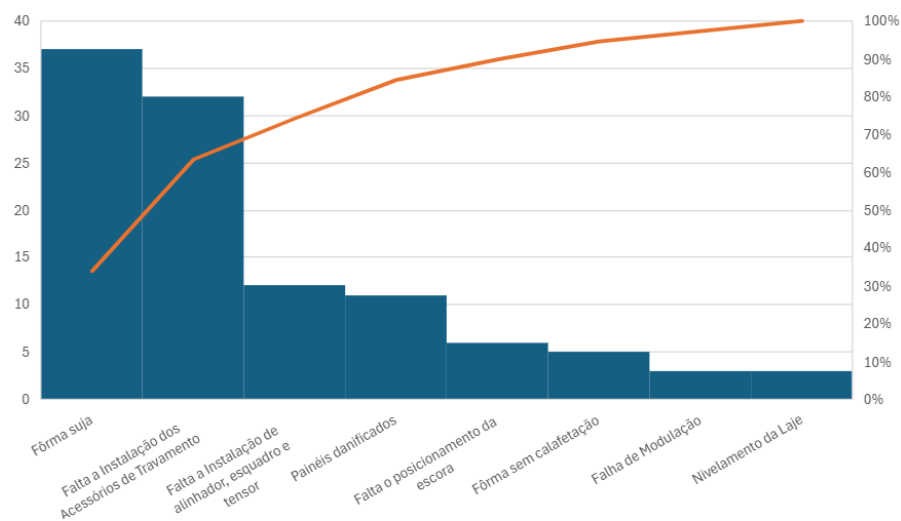


Fonte: Autoria Própria

4.1.8 Montagem da Fôrma

A montagem das fôrmas em obras de paredes de concreto é uma das etapas mais importantes e que requer maior atenção. É fundamental a contratação de um profissional capacitado para exercer a função de encarregado de fôrmas. Essa etapa é determinante tanto para a produtividade da execução quanto para a qualidade do acabamento final. O Gráfico 04 apresenta as principais não conformidades que podem ocorrer durante a execução das formas.

Gráfico 05 – Gráfico de Pareto para Montagem da Forma



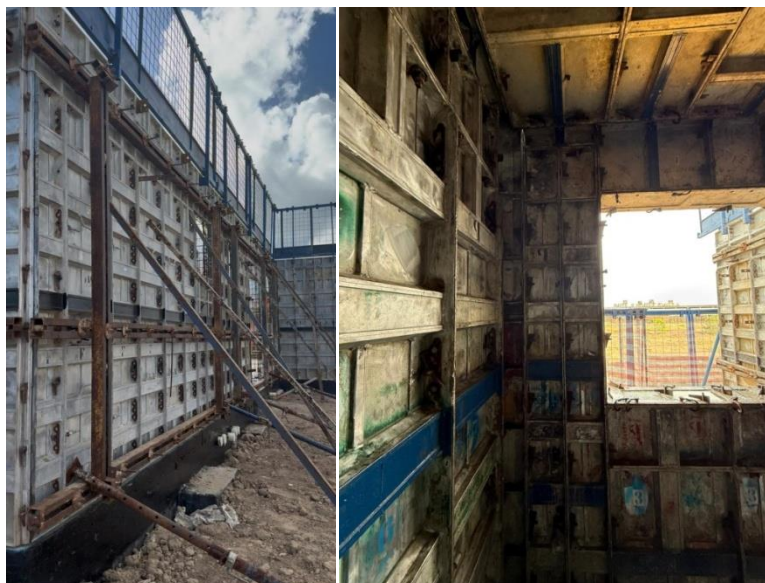
Fonte: Autoria Própria

Antes de iniciar a montagem das fôrmas em cada cômodo será necessário a aplicação de desmoldante em todas as placas da fôrma, na face de contato e na lateral. Caso o desmoldante seja a base d'água é recomendado o uso de um pulverizador costal e para o de base de óleo vegetal, rolo ou pincel. Para a escolha e aplicação do desmoldante, a norma NBR 16055 (ABNT, 2022) indica que ele deve garantir que o concreto não tenha aderência à fôrma, ser removível ou não deixar resíduos, não alterar as características físicas do concreto e não prejudicar a superfície das placas. Além disso, é importante antes do assentamento de qualquer placa realizar a limpeza parcial de qualquer sujeira que possa comprometer a integridade e funcionalidade da fôrma.

O sistema de fôrmas é composto pelos painéis de parede, cantos e revestimentos de parede para portas e janelas, conexão de parede e laje, acessórios de travamento e painéis de laje (Forsa, 2023). No caso do sistema GANG, além dos painéis de parede também fazem parte acessórios pré-montados na obra por meio de parafusos, que serão içados pela grua (Núcleo Parede de Concreto, 2022).

Para iniciar o processo de montagem das fôrmas é necessário que se tenha em mãos o projeto de modulação, para saber o sentido que será iniciado. Em cada cômodo a montagem irá iniciar através do posicionamento dos painéis de canto sobre as marcações na laje, fixando logo em seguida um painel de parede em cada um dos lados, as demais placas deverão ser montados conforme o ciclo anterior para evitar obstrução em áreas de circulação. O ordenamento de montagem será o seguinte: painel de parede; painel de canto de laje; Painel de Laje.

Figura 39 – Sistema de Formas Metálicas



Fonte: Autoria Própria

A fixação das peças da fôrma será feita através da utilização das faquetas, pinos e cunhas ao longo de toda a fôrma. Para facilitar a retirada desses acessórios será necessário envolvê-las em isomantas (“camisinhas”). A quantidade de equipamentos de travamento instalados irá ditar o alinhamento, prumo e resistência da fôrma à pressão do concreto. Em alguns casos é recomendável a parafusação da parte inferior da fôrma na laje, buscando mais segurança no esquadro e regulação das peças.

Figura 40 – Pavimento na Fase de Estrutura de Parede de Concreto



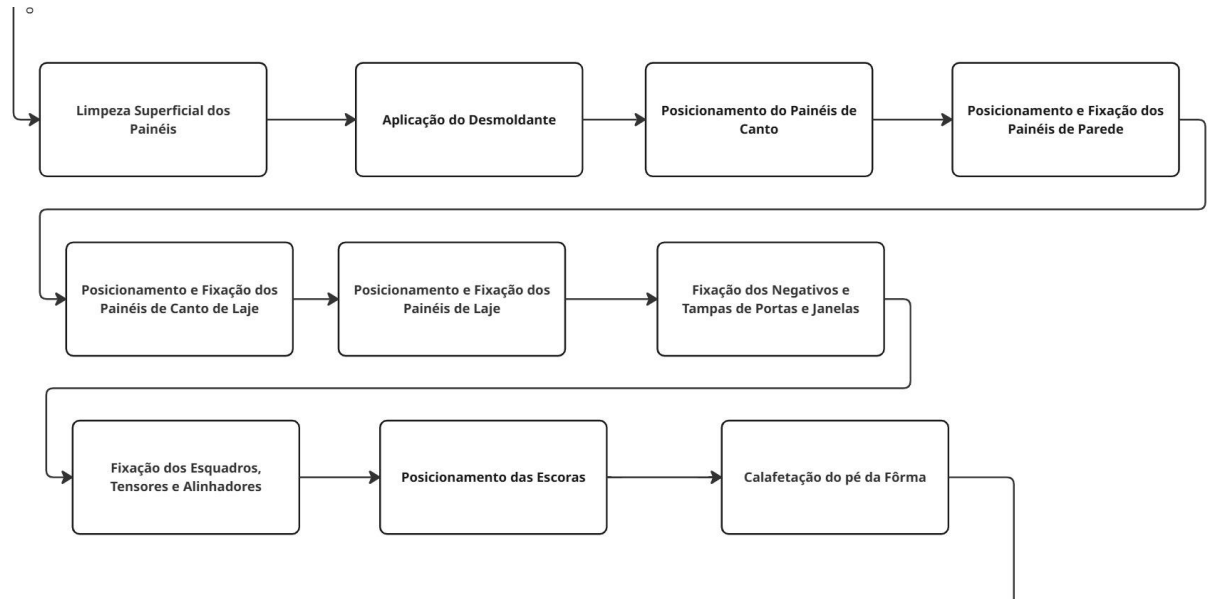
Fonte: Autoria Própria

Nos vãos de portas e janelas devem ser instaladas as tampas e os negativos. As tampas são peças utilizadas para fechar as aberturas da fôrma, sendo importante, no caso das portas, o uso de alinhadores para garantir o prumo das laterais. Já os negativos são elementos que asseguram a correta dimensão do peitoril das janelas, funcionando como reguladores caso seja necessário adaptar a fôrma.

A NBR 16055 (ABNT, 2022) enfatiza a necessidade do posicionamento correto das escoras em toda a laje. É importante garantir durante o escoramento o nivelamento dos painéis da laje, assim como as escoras que ficarão após a desforma. Outro ponto de atenção é a fixação dos esquadros e alinhadores conforme o projeto de montagem da fôrma metálica.

Por fim, é necessário garantir a estanqueidade da forma, através da calafetação de todo o seu perímetro, podendo utilizar uma massa fraca que seja de fácil remoção após a concretagem.

Figura 41 – Oitava Parte do Fluxograma

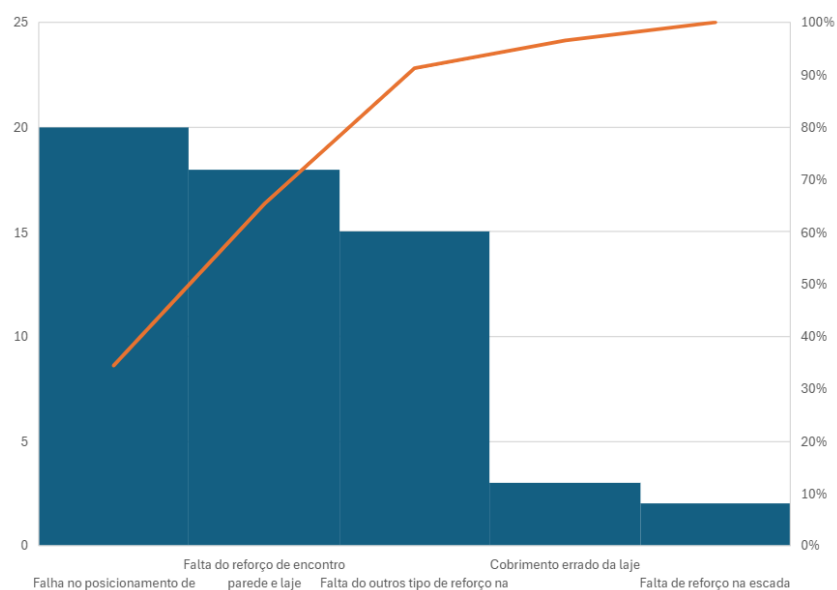


Fonte: Autoria Própria

4.1.9 Montagem da Armação na Laje

A montagem da armação da laje é subsequente à finalização dos painéis da fôrma. É uma etapa fundamental para o desempenho estrutural da estrutura, já que a laje irá receber todos os esforços de sobrecarga do edifício. Existem problemas crônicos relacionados ao cobrimento do concreto, falha na montagem dos reforços e posicionamento dos espaçadores.

Gráfico 06 – Gráfico de Pareto para Montagem de Armação na Laje

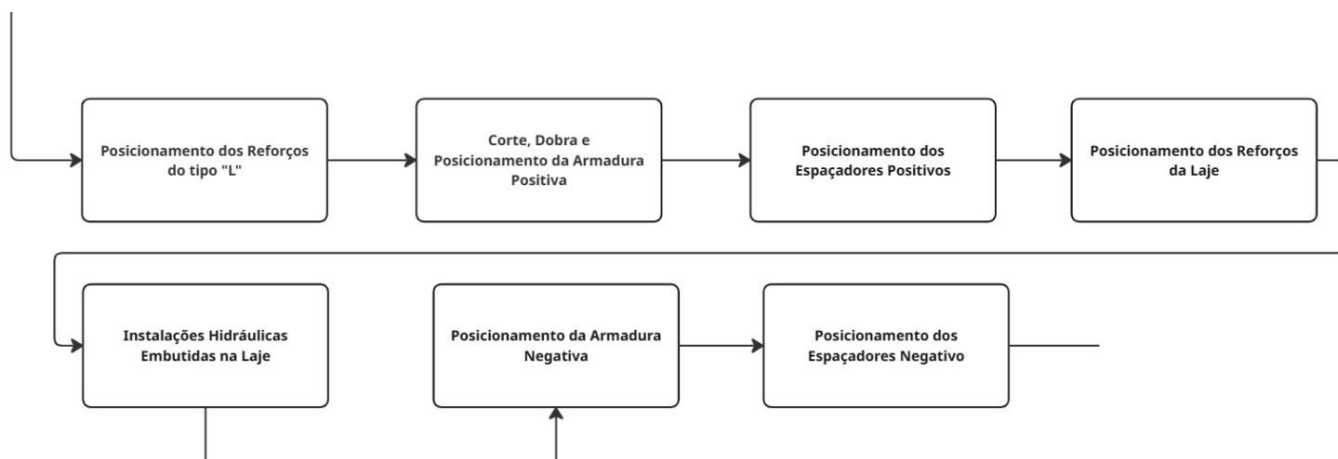


Fonte: Autoria Própria

A execução da laje inicia-se com a colocação dos reforços entre a laje e as paredes, semelhantes aos utilizados entre as próprias paredes, ambos com a mesma função de garantir a monoliticidade da estrutura. Com os reforços tipo “L” devidamente posicionados, inicia-se o processo de corte, dobra e montagem da armadura positiva, bem como a execução dos reforços previstos no projeto da laje. Os principais reforços aplicados nesse elemento são os das aberturas de “shafts”, dos peitoris de varandas e das escadas.

A armadura negativa corresponde à etapa final da execução da armadura da laje e só pode ser posicionada após a conclusão das instalações elétricas e hidráulicas embutidas. Quanto aos espaçadores, tanto as armações positivas quanto as negativas utilizam diferentes modelos e alturas, que asseguram o cobrimento final adequado.

Figura 42 –Nona Parte do Fluxograma



Fonte: Autoria Própria

4.1.10 Execução das Instalações na Laje

As instalações na laje devem ser executadas antes do posicionamento da armadura negativa, sempre garantindo o cobrimento adequado do concreto. A lógica central dessas instalações é semelhante à adotada nas paredes, porém, nesse caso, também são embutidas as tubulações de água fria e de esgoto. A fixação dos elementos, em ambos os casos, deve ser feita com abraçadeiras de nylon. É fundamental conferir cuidadosamente essa fixação para evitar que as tubulações fiquem aparentes após a concretagem.

Figura 43 – Instalações Embutidas na Laje

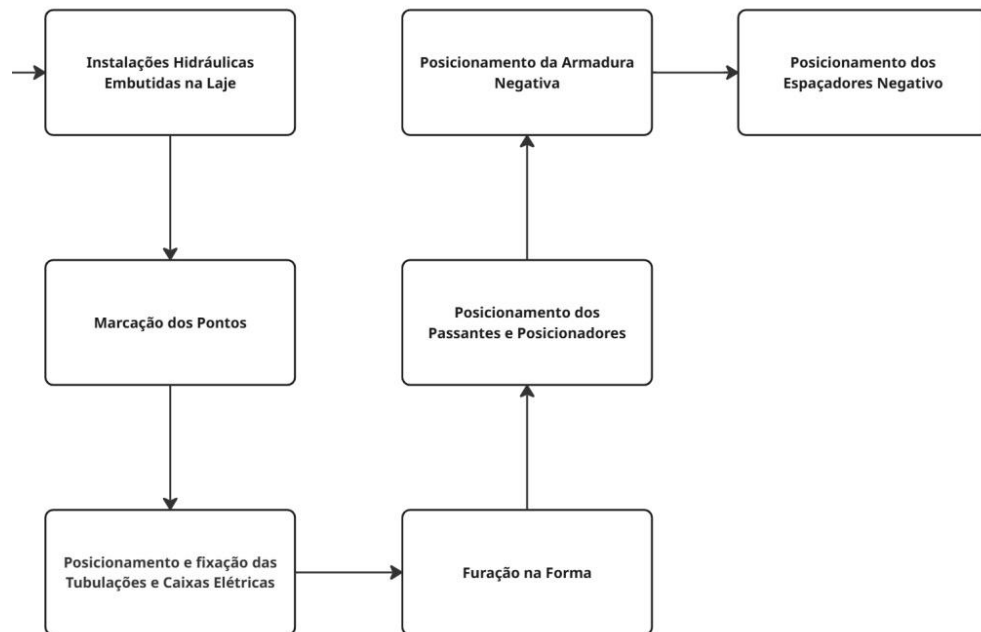


Fonte: Autoria Própria

Durante o posicionamento dos reforços tipo “L”, é importante que sejam marcados os locais destinados à passagem das tubulações, bem como os pontos de instalação de ralos e posicionadores. As tubulações de água fria são comumente executadas com tubos flexíveis de polietileno reticulado (PEX), que apresentam a vantagem de serem mais leves e compactos, além de permitirem a execução de curvas sem a necessidade de conexões adicionais. É importante que os tubos sejam envolvidos por um eletroduto corrugado para evitar entupimentos e facilitar reparos.

As tubulações de esgoto deverão ser posicionadas de forma que os pontos de ralos e passagens de prumadas fiquem conforme projeto. Para que isso ocorra é necessário a demarcação dos locais que serão colocados os passantes, elementos que possuem a função de moldar o furo de passagem de tubulações na laje. Com os pontos demarcados será o momento de realizar a furação na forma para fixar o suporte de três furos do posicionador, elemento que impede que o concreto desça pelos pontos. Por fim, com a luva/conector será colocada e o posicionador encaixado na forma.

Figura 44 – Dêcima Parte do Fluxograma



Fonte: Autoria Própria

4.1.11 Concretagem

A concretagem é a fase final da moldagem da parede de concreto, restando apenas a desforma, a pós-desforma e o acabamento. Para realizá-la, é necessário que todas as etapas anteriores tenham sido finalizadas e devidamente conferidas.

A solicitação do concreto deve respeitar o especificado no projeto estrutural, incluindo os valores de f_{ck} , slump e a quantidade em metros cúbicos a ser repassada para a concreteira. É de extrema importância que a liberação dos caminhões betoneira seja feita de forma estratégica, verificando o tempo médio do lançamento do concreto, evitando que eles esperem carregados e acabe ocorrendo o vencimento do material.

Para obras de múltiplos pavimentos, é necessária a instalação de um sistema de tubulação que, com o auxílio de uma bomba estacionária, bombeie o concreto até os andares superiores. Nesses casos, também é recomendada a utilização de uma “spider”, equipamento que facilita o manuseio e a distribuição do concreto.

Figura 45 – “Spider”



Fonte: Autoria Própria

Com a chegada dos caminhões betoneira na obra será necessário realizar o controle tecnológico do concreto conforme a ABNT NBR 12655 e ABNT NBR 1493. O primeiro passo é a análise do abatimento (slump) ou o espalhamento (flow) com os limites especificados na nota fiscal. Caso o valor seja inferior ao valor indicado no documento será necessário a adição de água suplementar, conforme os limites estabelecidos pela NBR 7212 (ABNT, 1985) (Missureli & Massuda, 2009). Seguido da moldagem dos corpos de prova conforme a NBR 5738 (ABNT, 2016).

Figura 46 – Corpos de Prova do Concreto



Fonte: Autoria Própria

O rompimento dos corpos de prova deve seguir o sequenciamento de 12 horas, 7 dias, 28 dias e 63 dias. É sugerido que os resultados de resistência do concreto sejam registrados em um “software” para análise do controle tecnológico. Nas obras visitadas, todas utilizavam o sistema ConsulteGEO, uma plataforma de gestão e rastreabilidade do concreto em obras. Esse sistema aponta situações como resistência insatisfatória, ausência de moldagem dos corpos de prova, falhas no ensaio de abatimento e vencimento do concreto.

Figura 47 – Sistema ConsulteGEO

CONTROLE TECNOLÓGICO - Rompimento Corpo Prova

Data Real: 23/09/2025 ☒ Adotar Data/Hora Prevista

Data Prevista: 23/09/2025

Rompimentos: ☐ Até o Dia ☐ do Dia ☒ Todos
☐ Somente não Rompidos

Idade Controle: Todas

Nota Fiscal: de a

Rompeu	Tensão Ruptura (MPa)	Data Prevista	Data Moldagem	Idade Controle	Numero	Nota Fiscal	Unidade	Descartou	Obs.
☒	24,23	26/11/2021 11:18:00	23/11/2021 11:18:00	3 Dias	46482_1	46482	Bloco Garagem / Estaca -P47B + P68B - Concreto	☐	Obs.
☒	21,34	26/11/2021 12:45:00	23/11/2021 12:45:00	3 Dias	46487_1	46487	Bloco Garagem / Estaca -P48B + PISO - Concreto	☐	Obs.
☒	25,55	26/11/2021 13:40:00	19/11/2021 13:40:00	7 Dias	46384_2	46384	Bloco Garagem / Estaca -P83B + P77B - Concreto	☐	Obs.
☒	24,46	26/11/2021 14:04:00	23/11/2021 14:04:00	3 Dias	46499_1	46499	Bloco Garagem / Estaca -P43B + P54B - Concreto	☐	Obs.
☒	21,43	26/11/2021 14:48:00	23/11/2021 14:48:00	3 Dias	46502_1	46502	Bloco Garagem / Estaca -P42B + P41B - Concreto	☐	Obs.
☒	27,27	26/11/2021 15:02:00	19/11/2021 15:02:00	7 Dias	46385_2	46385	Bloco Garagem / Estaca -P77B + P7B + SOBRA QUE FOI LEVADA PARA O LAJÃO PARA CONCRETAR O PISO COM O RESTANTE - Concreto	☐	Obs.
☒	22,84	26/11/2021 16:00:00	23/11/2021 16:00:00	3 Dias	46510_1	46510	Bloco Garagem / Estaca -P51A + P 40A - Concreto	☐	Obs.

1 2 3 4 5 6 7 8

Salvar Controle Sair

Fonte: ConsulteGEO (2025)

O início da concretagem deve ocorrer no encontro de quatro paredes, permitindo que o concreto preencha toda a parte inferior da fôrma. Somente após essa etapa deve ser iniciada a concretagem dos painéis de periferia. Recomenda-se que o tempo de lançamento de cada caminhão de concreto não ultrapasse 15 minutos, a fim de evitar problemas de segregação e de pressão excessiva no pé da fôrma.

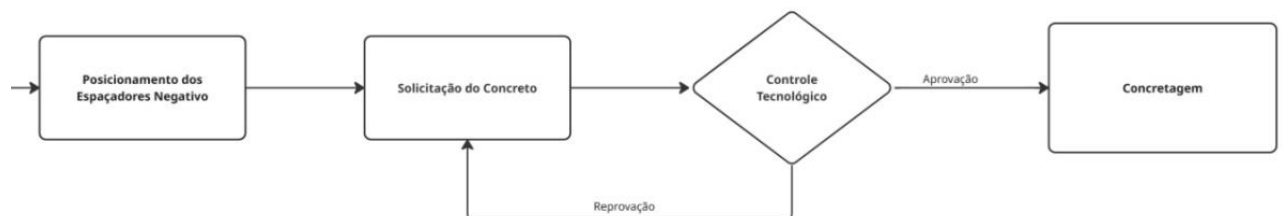
Figura 48 – Etapa de Concretagem



Fonte: Autoria Própria

Durante a execução da laje é importante garantir o bom acabamento, utilizando o rodo e a régua, e o nivelamento, através de um nível a laser.

Figura 49 – Décima Primeira Parte do Fluxograma



Fonte: Autoria Própria

4.1.12 Desforma e Cura

A desforma das paredes de concreto deve respeitar o indicado em projeto e, normalmente, é realizada cerca de 12 horas após a concretagem, quando o concreto atinge aproximadamente 3 MPa de resistência. Caso o concreto não atinja esse valor mínimo será necessário realizar o procedimento de cura úmida ou utilizar membranas formadoras (ABNT, 2022). O processo deve iniciar pela retirada dos painéis de saque, localizados nos cantos dos cômodos. É importante remover todos os alinhadores, esquadros e acessórios de travamento, de modo que o cômodo concretado permaneça apenas com as escoras necessárias.

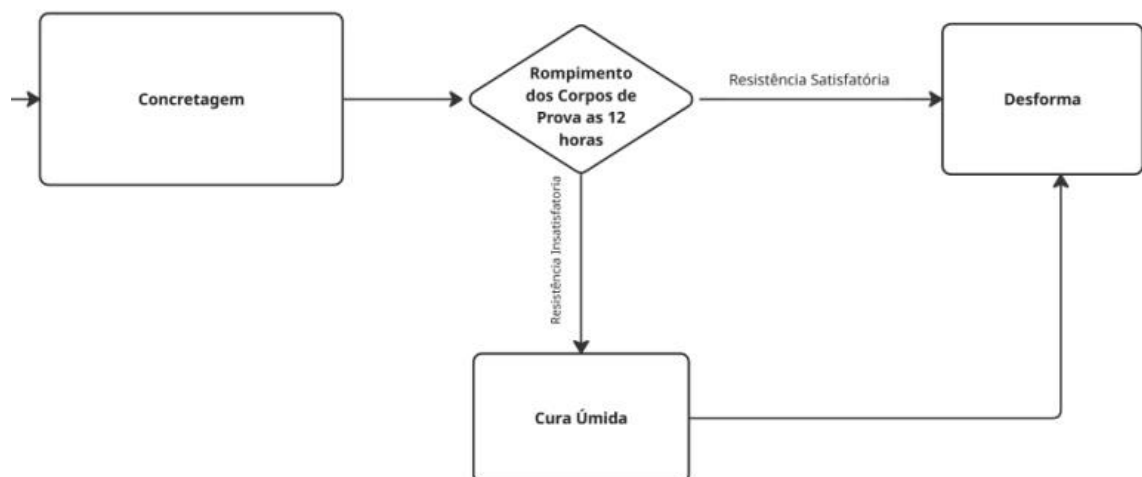
Figura 50 – Reescoramento



Fonte: Autoria Própria

O reescoramento deverá seguir o indicado no projeto estrutural; é aconselhável etiquetar as escoras que serão mantidas para evitar a sua retirada prematura, que só deverá ocorrer 27 dias depois da concretagem.

Figura 51 – Décima Segunda Parte do Fluxograma



Fonte: Autoria Própria

4.1.13 Pós-Desforma

Após a retirada de todas as peças da fôrma, tem-se o produto final das paredes de concreto. Caso todo o procedimento tenha sido executado de forma adequada, essa etapa

poderá ser concluída mais rapidamente. O pós-desforma consiste na inspeção da qualidade final das paredes de concreto, incluindo a verificação do alinhamento, prumo, esquadro, possíveis manifestações patológicas e acabamento. Trata-se de uma etapa fundamental para a fase de acabamento, pois a agilidade e a qualidade desse processo serão diretamente determinadas por ela.

A primeira etapa do pós-desforma é a estucagem, que consiste no tamponamento, com argamassa ACIII, dos furos deixados pelas faquetas e isomantas. As paredes externas devem, obrigatoriamente, ser tratadas com esse material, enquanto nas paredes internas podem ser utilizadas argamassas validadas para essa finalidade. Após a estucagem é necessário realizar a limpeza das paredes utilizando uma lavadora de alta pressão para retirar qualquer resíduo que prejudica a aderência do revestimento.

Figura 52 – Estucagem



Fonte: Autoria Própria

As manifestações patológicas devem ser inspecionadas visualmente após a desforma. Recomenda-se que essa conferência seja realizada o mais próximo possível do momento da retirada da fôrma, a fim de identificar patologias críticas que demandem atuação imediata, como segregação do concreto, falhas de concretagem e juntas frias. Uma segunda etapa de verificação deve ser realizada posteriormente, para identificar manifestações que possam

surgir após o primeiro período de carregamento e movimentação da estrutura, como trincas e fissuras.

É importante que qualquer manifestação patológica seja documentada e verificada com o projetista estrutural. Para tratamentos superficiais devem ser seguidos os seguintes procedimentos:

- Segregação do Concreto: escarificar a região afetada e recompor com graute ou argamassa estrutural;
- Falha de Concretagem: aplicar antioxidante nas ferragens expostas e recompor o local com graute ou argamassa estrutural;
- Fissuras: aplicar três demãos de resina acrílica flexível, com a aplicação de uma tela de nylon.

Figura 53 – Fissura em Estrutura de Parede de Concreto



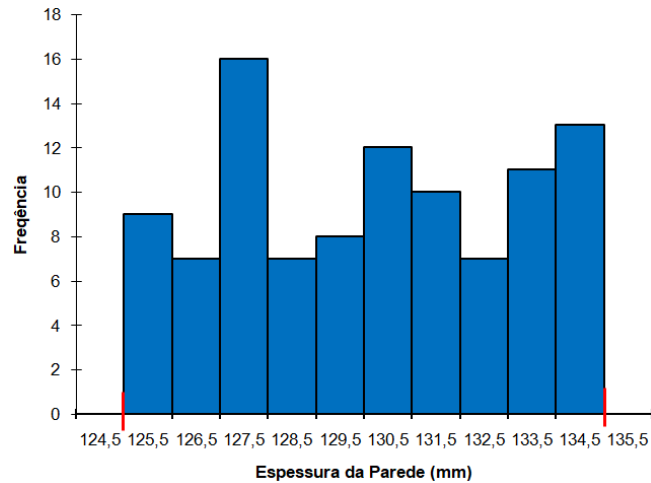
Fonte: Autoria Própria

Em relação ao acabamento final da parede de concreto, é possível realizar uma análise da qualidade do processo descrito por meio de tolerâncias aplicadas a determinados elementos da parede.

A norma NBR 16055 (ABNT, 2022) indica que a espessura de parede tem uma tolerância de ± 5 mm. Dessa maneira, com a amostra de 100 paredes para as duas obras — uma com 13 centímetros de espessura e a outra com 15 centímetros — foi possível construir o

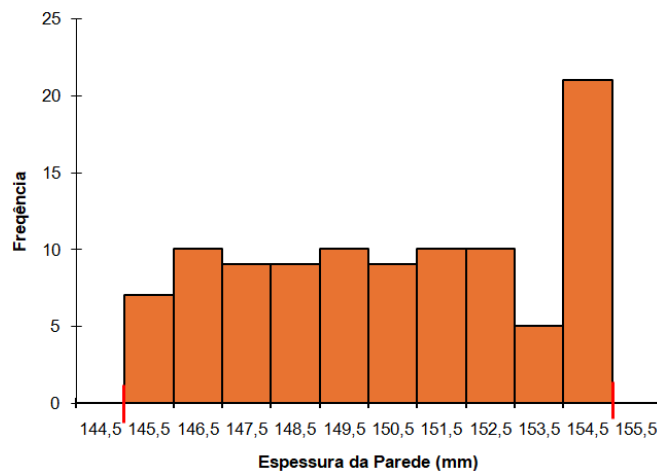
histograma e verificar que ambos processos são capazes de gerar bons resultados, porém não estão centrados, necessitando ajustes para centralizar os dados.

Gráfico 07 – Histograma Espessura da Parede (Obra 01)



Fonte: Autoria Própria

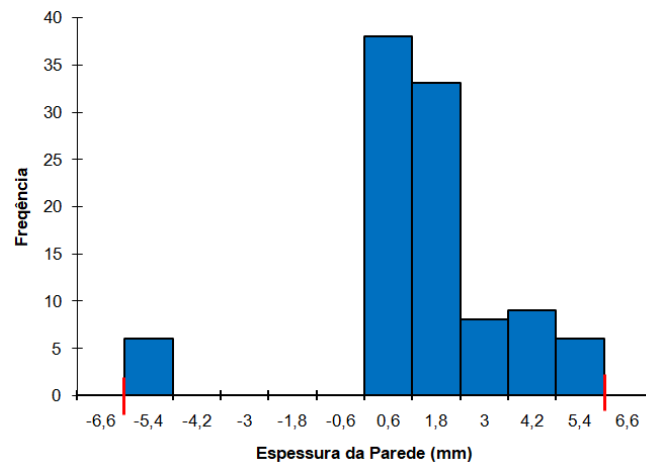
Gráfico 08 – Histograma Espessura da Parede (Obra 02)



Fonte: Autoria Própria

A tolerância para o desalinhamento horizontal das paredes, de acordo com a norma, deve ser menor ou igual a $\ell/500$ ou 5 mm. Nesse caso, para a coleta dos dados, foram estabelecidos limites iguais para as paredes, sendo utilizado o valor de 5 mm. Foi montado o histograma para ambas as obras com a quantidade de 50 paredes em cada obra, visto que o processo de montagem de forma era o mesmo. O processo, nesse caso, não é capaz, porém é centrado, sendo necessário mais do que ajustar a centralidade para corrigir o problema. Pode-se identificar, através do Gráfico 04, uma grande quantidade de falhas na fixação de acessórios de travamento e alinhadores, causando paredes fora de alinhamento.

Gráfico 09 – Histograma Alinhamento da Parede



Fonte: Autoria Própria

Caso seja necessário realizar algum reparo no alinhamento ou espessura da parede é necessário verificar com o projetista estrutural caso necessite escarificar uma grande parte. É importante que o produto final da parede fique o mais conforme possível para garantir uma qualidade e agilidade maior na fase de acabamento. É necessário a conferência geral de alinhamento e esquadro de paredes, dimensões dos vãos de portas e janelas e alinhamento e integridade dos elementos de instalações.

Figura 54 – Produto Final da Parede de Concreto



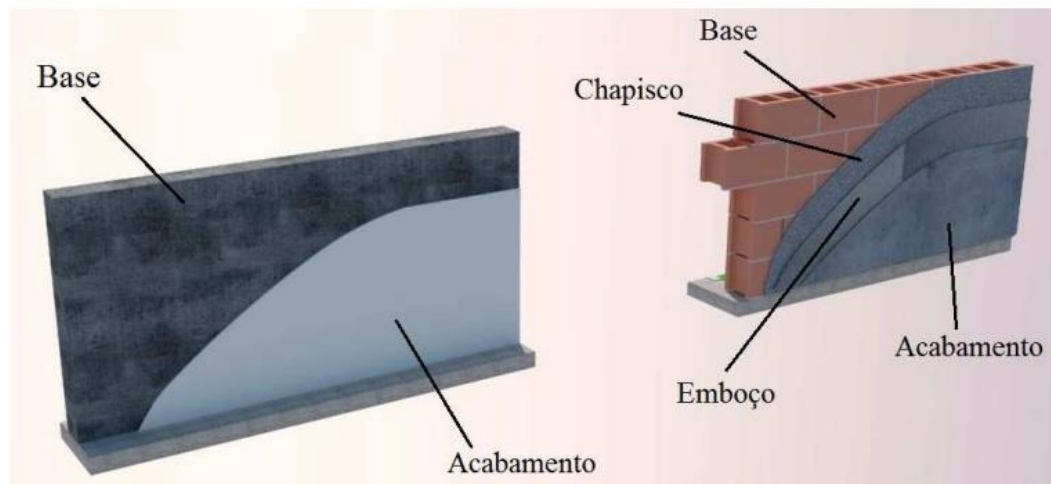
Fonte: Autoria Própria

4.1.14 Acabamento

A parede de concreto possuem uma vantagem sobre outros sistemas construtivos que é a grande redução da espessura das camadas de revestimento. Após o pós-desforma, as paredes niveladas e apumadas apresentam apenas pequenos sinais da junção dos painéis e furos da

ancoragem. É importante destacar que quaisquer revestimentos executados só sejam aplicados 28 dias após a concretagem (Associação Brasileira de Cimento Portland, 2008).

Figura 55 – Comparação do Acabamento dos Sistemas Tradicionais com o Sistema de Parede de Concreto



Fonte: Costa (2013)

O revestimento das paredes internas é comumente executado com uma camada fina de chapisco rolado, utilizando um traço com adesivo Bianco, seguida pelo reboco de gesso. A pintura é realizada por meio da aplicação de selador, massa corrida e tinta látex.

Nas paredes externas, o acabamento é feito com textura, após o tratamento da superfície com selador elastomérico. É fundamental escolher uma textura que contenha algicida, a fim de evitar o surgimento de manchas esverdeadas na fachada.

Para a execução do revestimento cerâmico, deve-se aplicar a técnica de dupla colagem, utilizando a desempenadeira dentada tanto na peça cerâmica quanto na parede.

O piso poderá ser selecionado conforme o desejo do executor do projeto, porém é bom destacar que a qualidade e o nivelamento do piso poderão gerar economia e agilidade no processo, visto que não será necessário realizar contrapiso ou qualquer regularização além da já realizada durante a execução.

Figura 56 – Acabamento Final de uma Obra de Parede de Concreto



Fonte: Autoria Própria

5 Conclusão

Diante do estudo realizado, conclui-se que o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* causou uma revolução na indústria da construção civil, trazendo agilidade e racionalização para a obra. As principais vantagens do sistema são sua rapidez, desempenho estrutural, praticidade, a capacidade de execução sem mão de obra especializada e o custo competitivo. Por esse motivo, mais construtoras estão buscando utilizar esse método construtivo, como a MRV, WR Construtora e CIACASA.

Apesar de suas vantagens, o método necessita de um estudo detalhado da capacidade da empresa que deseja executá-lo. Primeiramente, é necessário avaliar se a empresa pode custear os insumos, equipamentos e mão de obra para construir paredes de concreto, ou se há projeção de evolução com o principal sistema utilizado. Outra questão é a padronização do processo: como se trata de um sistema de racionalização, é necessário estudar a melhor maneira de executar a obra de acordo com o perfil da construtora.

Uma das alternativas que pode facilitar a implementação é a criação de um setor responsável pelo gerenciamento e controle do processo, além da gestão de materiais e equipamentos.

Por fim, projeta-se que mais obras sejam executadas utilizando paredes de concreto, e o fluxograma e o processo descrito neste estudo poderão servir como base para a confecção de procedimentos padronizados em construtoras que desejam se aventurar nesse tipo de construção.

6 Referências

AGUILAR, Arthur Remigio Dantas. *Et al. Alternativas Modulares na Construção Civil e sua Influência sobre a Racionalização da Obra.* Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, Teófilo Otoni, MG, v. 10, out./2022.

ARCELORMITTAL BRASIL. *Catálogo: telas soldadas nervuradas.* [S. l.]: ArcelorMittal, 2023.

ARQUITETOS, T. A. U. *Concreto aparente: tudo o que você precisa saber.* TAU Arquitetos, 29 jul. 2020. Disponível em: <https://www.tauarquitetos.com/post/concreto-aparente-tudo-o-que-voc%C3%AA-precisa-saber>. Acesso em: 14 set. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. *Parede de concreto: coletânea de ativos 2007/2008.* São Paulo, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 16055: Parede de Concreto Moldada no local para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos.* Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6188: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento.* Rio de Janeiro, 2023.

CARDOSO, Álvaro Azevedo; CHAVES, Carlos Alberto; UJIHARA, Hélio Massaharu. *QFD como estratégia para desenvolvimento e melhoria de produtos, serviços e processos.* Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – UNITAU. São Paulo, p. 12. 2006.

COSTA, Miguel Henrique De Oliveira; DE CASTRO, Renan Rosa. *Manual de utilização sistema trepante.* Rio de Janeiro: Mills Estruturas e Serviços de Engenharia S.A, 2013.

Establishing a secure connection. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ape/a/z7zZ4Z4GwYV6FR7S9FHTByr/?lang=pt>. Acesso em: 25 set. 2025.

Fluxograma de processo passo a passo. Certificação ISOTemplum Consultoria, 19 jun. 2024. Disponível em: <https://certificacaoiso.com.br/o-que-e-fluxograma-de-processos/>. Acesso em: 25 set. 2025.

Fôrmas para Parede de Concreto - Entenda as Vantagens. Disponível em: <https://blogdaforsa.com.br/formas-para-parede-de-concreto-entenda-as-vantagens/>. Acesso em: 25 set. 2025.

GERDAU S.A. *Catálogo: paredes de concreto armado*. [S. l.]: Gerdau S.A.

GOMES, Pedro César Tebaldi. *Gráfico de Dispersão: Guia para Visualização de Dados*. Disponível em: <https://www.datageeks.com.br/grafico-de-dispersao/>. Acesso em: 25 set. 2025.

HEINECK, Luiz Fernando Mählmann; LINARD, Roberto Sérgio Sobreira; NUNES, Fernando Ribeiro de Melo. *Racionalização no Processo de Produção e Distribuição de Aragamassas na Construção Civil*. ENEGEP, Fortaleza, CE, v. 26, out./2006.

HOFF, Yasmim. *Tipos de Fluxogramas: quais são e quando utilizá-los*. Disponível em: <https://zeev.it/blog/tipos-de-fluxogramas/>. Acesso em: 25 ago. 2025.

IBTS. *Telas Soldadas Informações Técnicas: Como projetar e construir estrutura de concreto com qualidade e produtividade*. Brasil: Instituto Brasileiro de Telas Soldadas, 1983.

INSTITUTE FOR HEALTHCARE IMPROVEMENT. *Kit de Ferramentas Essenciais para Melhoria da Qualidade: Diagrama de Dispersão*. Tradução: Ana Paula Gushken; Elenara Ribas; Paula Tuma; Ademir Petenate; Daniela Feitosa; Cristiana Gomes; Andrea Gushken; Sidiner Mesquita; Alexandre Valente; Manuela Dias; Lilian Trabasso. Cambridge, MA: IHI, 2017. Tradução para o português: IHI América Latina, 2021. Disponível em: <http://www.ihl.org>. Acesso em: 20 ago. 2025.

INSTITUTE FOR HEALTHCARE IMPROVEMENT. *Kit de Ferramentas Essenciais para Melhoria da Qualidade: Gráfico de Pareto*. Tradução: Ana Paula Gushken; Elenara Ribas; Paula Tuma; Ademir Petenate; Daniela Feitosa; Cristiana Gomes; Andrea Gushken; Sidiner Mesquita; Alexandre Valente; Manuela Dias; Lilian Trabasso. Cambridge, MA: IHI,

2017. Tradução para o português: IHI América Latina, 2021. Disponível em: <http://www.ihl.org>. Acesso em: 20 ago. 2025.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *NBR ISO 9000:2015 – Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

LUARA. *Tipos de estudos: revisão de literatura*. TCC Tranquilo - O Portal dos Futuros Graduados. 12 set. 2023. Disponível em: <https://tcctranquilo.com.br/tipos-de-estudos-revisao-de-literatura/>. Acesso em: 25 set. 2025.

MACEDO, Julianne Simões. *Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

MARTINS, Milene Moura. *Revisão de Literatura TCC: Como Fazer e Exemplos*. Acadêmico - Via Carreira, 27 nov. 2024. Disponível em: <https://academico.viacarreira.com/revisao-de-literatura-tcc/>. Acesso em: 25 set. 2025.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. *Como construir paredes de concreto*. Revista Técnica, Curitiba, PR, v. 147, p. 74-80, jun./2009. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/147/paredes-de-concreto-285766-1.aspx>. Acesso em: 04 ago. 2025.

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

OLIVEIRA, Josenildo Brito de; SOUTO, Ricardo Romualdo; MAIA, Rafaella Dias de Almeida; MEIRA, Julia Alexandre; LIMA, Victor Serrano Paulino. *Análise da capacidade de um processo: um estudo de caso baseado nos indicadores Cp e Cpk*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte.

PATRÍCIO, Nuno; FERRÃO, Boadita. *Racionalização da construção*. 1as Jornadas de Engenharia Civil, p. 93-95, 1976.

RIGUEIRA, Jonhson. *Programa de gestão de parede de concreto*. 6. ed. Belo Horizonte: Comunidade da Construção, Sistemas à base de cimento, Belo Horizonte, 2014.

SILVA, T. F. T. *Estudo da interação entre edifícios de alvenaria estrutural e pavimentos em concreto armado*. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

TOLEDO, Marcelo. *Histograma*. Disponível em: <https://leansixsigmabrasil.com.br/histograma/>. Acesso em: 25 set. 2025.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Psicologia. Biblioteca Dante Moreira Leite. *Tipos de revisão de literatura*. Botucatu, 2015. Disponível em: <http://www.ip.usp.br/portal/images/biblioteca/revisao.pdf>. Acesso em: 25 set. 2025.

VANESSA. *Fluxograma: o que é, como fazer e por que usar*. Disponível em: <https://www.qntrl.com/pt-br/blog/fluxograma-como-fazer.html>. Acesso em: 25 ago. 2025.

VIANA, Alexandre. *Conheça os três tipos de revisão de literatura*. Disponível em: <https://biblioteca.musica.ufrn.br/?p=1767>. Acesso em: 25 set. 2025.

Histograma: o que é, exemplos, gráficos e tipos. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/o-que-e-um-histograma>. Acesso em: 25 set. 2025.

