



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
COORDENADORIA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Bernardo Farias Asmus

**ANÁLISE DA EXECUÇÃO DE PAREDES DE CONCRETO EM CONSTRUÇÕES
MULTIFAMILIARES**

FLORIANÓPOLIS

2019



Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Asmus, Bernardo Farias

Análise da execução de paredes de concreto em construções multifamiliares / Bernardo Farias Asmus ; orientador, Wellington Longuini Repette, 2019.

94 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Paredes de Concreto. 3. NBR 16055. 4. Execução de obras multifamiliares. I. Repette, Wellington Longuini. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
COORDENADORIA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Bernardo Farias Asmus

**ANÁLISE DA EXECUÇÃO DE PAREDES DE CONCRETO EM CONSTRUÇÕES
MULTIFAMILIARES**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Universidade Federal
de Santa Catarina, como requisito parcial
para a obtenção do título em Engenharia,
área Civil.

Orientador: Prof.: Wellington Longuini
Repetto, Dr. Eng.

FLORIANÓPOLIS

2019

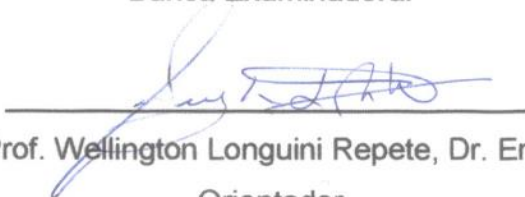


ANÁLISE DA EXECUÇÃO DE PAREDES DE CONCRETO EM CONSTRUÇÕES MULTIFAMILIARES

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de engenheiro civil e aprovado, em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 24 de junho de 2019.

Banca Examinadora:



Prof. Wellington Longuini Repete, Dr. Eng.
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Luiz Alberto Gomes, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Ricardo Oviedo Haito, Dr. Eng
Universidade Federal de Santa Catarina



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
COORDENADORIA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



“Existe algo mais perigoso do que deuses insatisfeitos e irresponsáveis que não sabem o que querem?” (Yuval Noah Harari)



AGRADEDIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina por possibilitar e promover um ensino de excelência, possibilitando meu desenvolvimento teórico, prático e pessoal.

Agradeço aos meus pais por me possibilitarem a realização desse feito. O suporte deles durante a faculdade foi o meu ponto fixo de segurança, afeto e bons conselhos. A vocês, felicidade e amor sempre!

Agradeço as minhas irmãs, por sempre se fazerem presentes mesmo estando a tantos anos longe uns dos outros. É incrível como poucos momentos passados juntos geram tanto conforto e felicidade.

Agradeço a minha namorada Giuliana por esses onze anos de companheirismo, carinho e paciência. A você serei eternamente grato por tudo e espero que consiga corresponder o seu carinho e amor por muitos anos.

Agradeço ao meu orientador e professor Dr. Wellington Repette, por compartilhar o seu enorme conhecimento e sabedoria sempre com muita calma e prudência. Muito obrigado.

Agradeço ao Engenheiro Ademar Stringari Junior por todo o apoio e disponibilidade para visitas técnicas, acompanhamentos e pelos inúmeros questionamentos respondidos sempre com muita atenção e zelo.

Por fim, meus amigos de faculdade, do trabalho e de longas datas. São momentos com vocês que renovam a energia e felicidade em meio a tantas adversidades e problemas. Vocês sempre serão meu suporte.



RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso tem como finalidade analisar as etapas construtivas do sistema de paredes de concreto moldado in loco utilizando fôrmas metálicas, identificando os principais elementos, materiais e erros construtivos durante o processo. A norma ABNT NBR 16055 (2012) traz as principais diretrizes de projeto para o âmbito estrutural e de durabilidade, porém não dita diretrizes para a execução. Com isso, o presente trabalho traz as principais técnicas e materiais utilizados no sistema construtivo de paredes de concreto, verificando as etapas construtivas, identificando e realizando uma análise crítica dos erros executivos encontrados em obras estudadas. As obras visitadas foram dois edifícios multifamiliares voltados para o programa Minha Casa, Minha vida na cidade de Blumenau, estado de Santa Catarina. Por ser um sistema pouco utilizado no Brasil (alavancado nas últimas duas décadas), cria-se a importante missão da disseminação de boas práticas construtivas e de cuidados ao utilizar esse sistema construtivo. Com visitas realizadas em diferentes épocas em duas obras da maior construtora do país foi possível acompanhar toda a execução e identificar os problemas executivos no decorrer das obras. As análises feitas nos erros construtivos encontrados nas obras acompanhadas mostram que ausência de vistorias e erros de locação do sistema elétrico trazem muitos transtornos e retrabalhos que geram custos e atrasos nas obras de paredes de concreto.

Palavras chave: Paredes de concreto. ABNT NBR 16055. Execução de obras multifamiliares.



ABSTRACT

This course conclusion paper aims at analyzing the constructive steps of the in situ molded concrete wall system using metallic forms, identifying the main elements, materials and constructive errors during the process. The standard ABNT NBR 16055 (2012) brings the main design guidelines for the structural and durability scope, but does not dictate guidelines for execution. Therefore, the present work brings the main techniques and materials used in the construction system of concrete walls, verifying the constructive stages, identifying and performing a critical analysis of the executive errors found in the studied constructions. The constructions visited were two multifamily buildings aimed at the program Minha Casa, Minha vida in the city of Blumenau, state of Santa Catarina. Because it is a little used system in Brazil (leveraged in the last two decades), it is created the important mission of the dissemination of good constructive practices and care when using this constructive system. With visits made in different times in two buildings of the largest construction company in the country, it was possible to follow the whole execution and identify the executive problems during the construction. The analyzes made in the constructive errors found in the visited buildings show that the absence of inspections and errors of lease of the electrical system bring many upheavals and rework that generate costs and delays in the constructions of concrete walls.

Key words: Concrete walls. ABNT NBR 16055. Execution of multifamily constructions.



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAA	Concreto auto adensável
f_{ck}	Resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias
GERIC	Gerência de risco de crédito da caixa
IBTS	Instituto Brasileiro de Telas Soldadas
NBR	Normas Brasileiras
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Obra realizada em parede de concreto	19
Figura 2 - Tipos de concreto.	26
Figura 3 - Classes de espalhamento (<i>slump flow</i>)	27
Figura 4 - Classes de viscosidade plástica aparente	27
Figura 5 - Classes de habilidade passante pelo anel J	28
Figura 6 - Classes de habilidade passante caixa L.....	28
Figura 7 - Classes de viscosidade plástica aparente pelo funil V.....	28
Figura 8 - Classes de resistência à segregação pela coluna de segregação	29
Figura 9 - Vantagens técnicas da tela soldada comparadas ao vergalhão	30
Figura 10 - Tipos de telas soldadas	31
Figura 11 - Elementos das telas.....	32
Figura 12 - Cantoneiras horizontais para travamento da parede	33
Figura 13 - Fôrma e chapa de acabamento metálicas.	34
Figura 14 - Procedimentos executivos em paredes de concreto	36
Figura 15 - Execução de paredes de concreto	37
Figura 16 - Sistema PEX (tubulação transparente) com sistema de tubulação em PVC comum	39
Figura 17 - Espaçador do sistema elétrico.....	40
Figura 18 - Abertura para esquadria sendo travada	41
Figura 19 - Tolerâncias para o comprimento da parede	42
Figura 20 - Disposição dos apartamentos	49
Figura 21 - Gabarito de fôrma fixado e barra guia chumbada na laje de base	51
Figura 22 - Tela posicionada com amarração nas esperas da laje	52
Figura 23 - Caixa lacrada com espaçador próprio.....	53
Figura 24 - Instalação da tubulação do dreno do Ar condicionado.....	54
Figura 25 - Fôrmas internas das paredes com espaçadores posicionados	55
Figura 26 - Travamento das fôrmas das paredes por meio de pinos e ganchos	56
Figura 27 - Fôrmas de laje devidamente escoradas.....	56
Figura 28 - Faqueta com protetor fazendo o travamento entre fôrmas interna e externa	57
Figura 29 - Travamento da parede externa com cantoneiras metálicas	58
Figura 30 - Instalação da grade de proteção	58
Figura 31 - Pavimento pronto para concretagem.....	59
Figura 32 - Teste de espalhamento do CAA	61
Figura 33 - Início do lançamento do CAA	62
Figura 34 - Irregularidades na parede de concreto.....	64
Figura 35 - Acabamento mais comum encontrado nas paredes de concreto	64
Figura 36 - Porosidade nas paredes de concreto	65
Figura 37 - Aparecimento do agregado graúdo na parede de concreto	66
Figura 38 - Fechamento das aberturas deixadas pelas faquetas.....	66
Figura 39 - Pequena bicheira encontrada nos pés das paredes ao redor do gabarito.....	66
Figura 40 - Acabamento de uma abertura	67
Figura 41 - Pequena linha com segregação do concreto em uma laje do primeiro pavimento.....	68
Figura 42 - Em vermelho estão destacados os locais com armadura aparente.....	69
Figura 43 - Excesso de desmoldante.....	70
Figura 44 - Esbojamento de fôrma já com a correção feita	71
Figura 45 - Desalinhamento vertical entre paredes do primeiro e segundo pavimento	72
Figura 46 - Junta de concretagem no segundo andar	73
Figura 47 - Entupimento de uma caixa 4x2	74
Figura 48 - Aparecimento de conduíte exposto nas paredes	75
Figura 49 - Concreto envelopou por completo caixa 4x2	76
Figura 50 - Caixa desalinhada	76
Figura 51 - Afloramento e quebra de um eletroduto de laje	77
Figura 52 - Afloramento da instalação hidráulica da laje	78



Figura 53 - Utilização de fôrma de tamanho incorreto	79
Figura 54 - Incompatibilização de projetos	80
Figura 55 - Desnível das paredes da junta de dilatação.....	81
Figura 56 - Acabamento de paredes internas.....	85
Figura 57 - Concretagem sendo feita na laje do primeiro pavimento	86
Figura 58 - Ligação de fôrma e guarda corpo.....	89



SUMÁRIO

1.1	OBJETIVO	14
1.1.1	Objetivo geral	15
1.1.2	Objetivos específicos.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA	15
1.3	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	16
1.4	METODOLOGIA DO TRABALHO	16
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE PAREDES DE CONCRETO.....	18
2.1	INTRODUÇÃO	18
2.2	VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA	21
2.3	PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA.....	22
2.4	MATERIAIS UTILIZADOS	25
2.4.1	Concreto	25
2.4.2	Armadura	29
2.4.3	Fôrmas	32
2.4.4	Instalações.....	35
2.5	EXECUÇÃO DE PAREDES DE CONCRETO	35
2.5.1	Fundações	37
2.5.2	Armadura	38
2.5.3	Instalações.....	38
2.5.4	Instalação de caixilhos	41
2.5.5	Fôrmas	41
2.5.6	Concretagem	43
2.5.7	Desfôrma.....	44
2.6	SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO E A NORMA DE DESEMPENHO	45
3	METODOLOGIA DO TRABALHO	48
3.1	METODOLOGIA DA EXECUÇÃO DAS PAREDES DE CONCRETO.....	50
3.1.1	Marcação de parede e colocação da tela.....	50
3.1.2	Locação das instalações eletro hidráulicas nas paredes.....	52
3.1.3	Posicionamento de fôrmas de paredes e lajes	54
3.1.4	Locação de shafts e passagens para tubulação em laje	58
3.1.5	Concretagem do pavimento	59
3.1.6	Desfôrma.....	62
3.2	DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS ENCONTRADOS NA EXECUÇÃO	63
3.2.1	Irregularidade na parede.....	63
3.2.2	Trincas em aberturas de janelas	67
3.2.3	Segregação do concreto.....	67
3.2.4	Armadura aparente.....	68
3.2.5	Problema de desmoldante	69
3.2.6	Trincas verticais	70
3.2.7	Desalinhamento entre fôrmas adjacentes	70
3.2.8	Desaprumo.....	71
3.2.9	Desalinhamento vertical entre paredes	71
3.2.10	Junta de concretagem	72
3.2.11	Entupimento e quebra do sistema elétrico.....	73
3.2.12	Problemas com locação de caixas 4x2.....	75
3.2.13	Reparos nas instalações da laje.....	76



3.2.14	Problema de locação de fôrmas.....	78
3.2.15	Junta de dilatação	80
3.3	ANÁLISE CRÍTICA DAS OBRAS VISITADAS	81
3.3.1	Conforto e facilidade para o morador	81
3.3.2	Qualidade.....	83
3.3.3	Durabilidade.....	83
3.3.4	Execução	85
3.3.5	Canteiro de obra.....	87
4	CONCLUSÃO	90
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92



INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha um papel fundamental no Brasil propondo soluções para os diversos problemas nos ramos de logística, infraestrutura e habitação. Representante de 5,2% do PIB nacional em 2017 (IBGE, 2018), a construção civil é um setor chave da indústria que, ao mesmo passo que acelera o crescimento econômico e taxas de emprego, acelera a erradicação de problemas crônicos no Brasil como o déficit habitacional.

Em 2009 o país contava com cerca de 10,1% da população em déficit habitacional (PINHEIRO, 2019). Para suprir essa demanda, no ano de 2009 o governo federal lançou o programa Minha Casa, Minha Vida visando sanar esse déficit sendo que em 2015. Após alguns anos da existência do programa, o déficit habitacional caiu para 3,7% (BOAS; CONCEIÇÃO, 2018). Para isso, escolhas de sistemas construtivos mais eficazes, ágeis e facilmente replicáveis se fazem necessários. O método construtivo por paredes de concreto se apresentou como uma ótima opção para a construção de grandes conjuntos habitacionais de forma rápida e econômica. A norma NBR 16055 (ABNT, 2012, p.3) define parede de concreto como “*elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede*”.

O sistema construtivo de paredes de concreto é baseado em paredes autoportantes que incorporam instalações elétricas, hidráulicas, esquadrias e armadura. Esse sistema utiliza fôrmas próprias e concretos específicos para sua consolidação como parede. Essas características executivas concedem ao método uma rápida execução e diminuição no número de etapas construtivas quando comparado ao sistema convencional de parede de alvenaria. A correta execução em conjunto com insumos de qualidade garante a rápida execução com qualidade final do empreendimento.

1.1 OBJETIVO

Neste item serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do presente trabalho.



1.1.1 Objetivo geral

Analisar as etapas construtivas do sistema de parede de concreto e os eventuais erros de execução apresentados.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Trazer as principais técnicas e materiais utilizados no sistema construtivo de paredes de concreto;
- b) Verificar as etapas construtivas do sistema parede de concreto;
- c) Identificar e analisar erros de execução.

1.2 JUSTIFICATIVA

Não é difícil encontrar canteiros de obras utilizando as mesmas técnicas e tecnologias construtivas utilizadas a décadas atrás. Alguns materiais como aço, cimento e concreto tiveram melhoras significativas em relação à qualidade e disponibilidade. Porém, a construção civil continua sendo um ramo industrial com baixa industrialização e garantia de qualidade final.

Em entrevista à revista *Téchne*, o Engenheiro Francisco Pedro Oggi relata com clareza que problemas como mão de obra não especializada, falta de tempo de projeto e até problemas de equipamentos e materiais são grandes agentes causadores da estagnação da industrialização. Aliado a esses problemas, Francisco Oggi declara: “*Mas falta, antes de tudo, visão estratégica aos que decidem como as obras serão realizadas*” (OGGI, 2008, p. 1).

Técnicas já amplamente utilizadas em outros países demoram a serem aceitas pelas principais construtoras do Brasil por motivos que vão de alto custo inicial à falta de mão de obra especializada, não levando em consideração ganhos de conhecimento e técnicas a longo prazo. Com o anúncio do programa Minha Casa, Minha Vida do governo federal em 2009, algumas construtoras como a MRV foram atrás de soluções que permitissem construções rápidas com grande reprodutibilidade e qualidade, características presentes no sistema de paredes de concreto.

Por ter a norma recentemente homologada e poucos trabalhos acadêmicos voltados ao sistema paredes de concreto, este trabalho tem como propósito analisar as tecnologias



empregadas nesse sistema assim como etapas executivas e erros construtivos. O resultado esperado deste trabalho é a disseminação das realidades práticas de um sistema construtivo pouco conhecido e com grandes capacidades evolutivas.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho se limitou a obras realizadas dentro do estado de Santa Catarina que utilizassem o sistema construtivo de paredes de concreto. Como o principal objetivo é a análise da execução e erros construtivos, não foram analisadas patologias, pois essas precisam de um período mais longo para se manifestarem.

Durante a metodologia, foram abordados apenas materiais, técnicas e tecnologias empregadas nas obras visitadas. Como as obras eram da mesma empresa e utilizavam as mesmas técnicas e materiais, não foi possível efetuar comparativos entre os materiais e entre as técnicas. As análises de execução se restringiram apenas as obras analisadas.

Comparações entre sistemas construtivos seja na questão de produtividade ou de relação custo benefício não foram analisadas, pois acarretaria num aumento significativo de análise de dados e leituras complementares, além de não ser o real foco do presente trabalho.

1.4 METODOLOGIA DO TRABALHO

A metodologia adotada no presente trabalho foi a análise crítica de obras visitadas usando como base documentos e revistas técnicas além de normas vigentes brasileiras.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é separado em quatro capítulos, sendo:

- Capítulo um: compreende apresentação do tema e das premissas utilizadas no trabalho. Contem introdução, resumo e os objetivos geral e específicos que guiam o trabalho;
- Capítulo dois: descreve-se todo o aporte de referências bibliográficas para substanciar o trabalho e apresentar aos leitores todas matérias envolvidas no sistema construtivo de paredes de concreto moldado in loco;



- Capítulo três: apresentam-se todas as observações e ponderações sobre o trabalho pela vista do autor do mesmo, trazendo abordagens explicativas e críticas da execução do sistema de paredes de concreto. Nesse capítulo todos os erros construtivos são abordados e discutidos;
- Capítulo quatro: realiza-se o fechamento do trabalho por meio das opiniões finais sobre a execução do sistema de paredes de concreto.



2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SOBRE PAREDES DE CONCRETO

Foram estudados materiais bibliográficos sobre paredes de concreto moldadas *in loco* utilizadas como estruturas em edificações multifamiliares (ênfase em execução), em fontes brasileiras. Neste trabalho não foram abordados outras funções e finalidades de paredes de concreto além da citada acima. O presente trabalho apresentará algumas variações de fôrmas e tipos de concreto que podem ser utilizados no presente sistema construtivo, porém focará em técnicas e materiais analisados em obras visitadas como fôrmas metálicas e concreto auto adensável (CAA).

Por ser um tema não muito abordado no Brasil frente aos sistemas construtivos correntes, o presente trabalho não conta com fundamentação teórica sobre problemas de execução em paredes de concreto moldadas *in loco*. As análises e identificação dos erros de execução foram feitas pelo próprio autor em conjunto com o engenheiro da obra.

2.1 INTRODUÇÃO

Baseado em um sistema construtivo monolítico, as paredes de concreto têm como base a execução de paredes autoportantes em concreto moldadas *in loco*. A norma NBR 16055 descreve o sistema como “*elemento estrutural autoportante moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede*” (ABNT, 2012, p. 3). A Figura 1 exemplifica uma obra do sistema de paredes de concreto.

Figura 1 - Obra realizada em parede de concreto



Fonte: Autor.

Segundo a NBR 16055 (ABNT, 2012, p. 3), as paredes de concreto devem ser realizadas em uma única etapa de concretagem e devem possuir em seu interior, após a desfôrma, vãos para portas e janelas, tubulações ou eletrodutos de pequeno porte além de quaisquer outros elementos necessários futuramente. Elementos de grande porte embutidos na parede de concreto (sejam tubulações ou outros elementos construtivos) devem ser analisados pelo projetista para garantir que essa ação não comprometa o sistema construtivo. Para grandes tubulações *shafts* devem ser previstos no projeto.

O sistema construtivo de paredes de concreto pode ser empregado nos seguintes tipos de edificações (ABCP et al., 2008, p. 12):

- Casas térreas;
- Casa assobrada;
- Edifícios com pavimento térreo mais cinco pavimentos tipo;



- Edifícios com pavimento térreo mais oito pavimentos tipo (limite para ter apenas esforços de tração nas paredes);
- Edifícios de até trinta pavimentos;
- Edifícios com mais de trinta pavimentos - considerados casos especiais e específicos.

A norma de paredes de concreto NBR 16055 possui as principais diretrizes sobre as particularidades das considerações de projeto desse sistema construtivo. Porém, as seguintes normas se fazem necessárias para complementar os conhecimentos necessários para projeto e execução:

- ABNT NBR 6168 – Projetos de estruturas de concreto;
- ABNT NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- ABNT NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações;
- ABNT NBR 7480 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação;
- ABNT NBR 7481 – Tela de aço soldada – Armaduras para concreto;
- ABNT NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas;
- ABNT NBR 8593 – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência;
- ABNT NBR 14862 – Armaduras treliçadas eletro soldadas– Requisitos;
- ABNT NBR 15823 – Concreto auto-adensável.

As premissas de projeto devem atender aos requisitos de desempenho térmico, acústico e de durabilidade previstas na norma NBR 15575 (ABNT, 2013). Além da norma de desempenho, as premissas básicas de concepção de projeto previstas na norma de paredes de concreto NBR 16055 (ABNT, 2012, p. 11) são:

- Comprimento maior ou igual a dez vezes a sua espessura;
- Espessura de parede maior ou igual que 10 cm;
- Resistência característica a compressão no concreto (f_{ck}) menor ou igual a 40 MPa;
- Consideração dos esforços causados pelas restrições devido aos efeitos da variação volumétrica por retração e dilatação térmica;
- Análise dos esforços de torção, quando o centro de gravidade não coincidir com o centro de torção.



2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA

As vantagens da utilização do sistema construtivo de paredes de concreto são citadas a seguir (ABCP et al., 2008, p. 17):

- Maior produtividade;
- Segurança em todos os níveis (normativa, operacional e comercial);
- Desempenho técnico – uso de produtos com alta tecnologia;
- Qualidade final garantida por materiais normalizados e por controle tecnológico.

As desvantagens do sistema são (CONSTRUÇÃO, 2007):

- Necessidade de grande escala;
- Velocidade compatível;
- Padronização;

Para garantir a excelência do sistema e grande produtividade, o planejamento do canteiro de obra, logística, treinamento de mão de obra e controles frequentes de qualidade são essenciais. Além disso, a compatibilização é essencial para garantir que após a concretagem não sejam necessárias quebras para a realocação de instalações, fator que gera atrasos e custos (WENDLER; MONGE, 2018). De acordo com Wendler e Monge (2018, np), é possível identificar oito variáveis que influenciam os ciclos de produção do sistema parede de concreto, sendo eles:

- Curva de aprendizagem e treinamento da mão de obra;
- Tipologia da obra;
- Projeto de fôrmas;
- Incidência de chuvas ou interrupções da produção;
- Aspectos de segurança;
- Equipamentos disponíveis;
- Suprimentos;
- Logística: movimentação de materiais e estocagens.

A eficiência e produtividade do sistema de paredes de concreto foram analisadas em uma obra da empresa Odebrecht no Bairro Novo em Fortaleza. Para a realização de 2.846 casas para o programa “Minha Casa, Minha Vida”, a empresa optou por utilizar o sistema de



paredes de concreto com fôrmas de alumínio ao invés do sistema construtivo comum com blocos de alvenaria cerâmicos.

Mesmo com o alto custo inicial para a compra das fôrmas de alumínio, a velocidade de execução e alta produtividade fazem com que o alto valor das fôrmas (que podem ser utilizadas por até mil vezes) seja diluído e facilmente amortizado (PINI, 2010). Após o devido treinamento, foi constatado em obra que a mesma quantidade de funcionários poderia realizar, pelo método de paredes de concreto, o dobro da quantidade de casas por dia que seria realizado com bloco de alvenaria cerâmica. Pini (2010) ressaltou que com um treinamento mais adequado seria possível reduzir ainda mais a quantidade de pessoas trabalhando no sistema de paredes de concreto o que reduziria ainda mais o custo da obra.

2.3 PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

Com o principal propósito de combater o déficit habitacional, o governo federal criou em 2009 o programa Minha Casa, Minha Vida. O programa oferece condições atrativas para financiar moradias tanto em áreas urbanas como rurais para famílias de baixa renda. O programa é um dos principais agentes da construção imobiliária no país, chegando a representar 51% dos lançamentos imobiliários no terceiro trimestre de 2018 (ECONÔMICO, 2018).

O programa possui um sistema de faixas para adequar as condições de financiamento com a renda da família que entra para o programa. Com quatro faixas, as famílias que podem ser contempladas pelo programa Minha Casa, Minha Vida estão com rendas que ficam entre 1.800,00 e 7.000,00 reais. Conforme a renda sobe (maiores faixas), os subsídios do programa diminuem.

O funcionamento do ciclo do programa para construtoras se baseia nas seguintes etapas (CAIXA, 2019):

- A união aloca recursos por área do território nacional e solicita apresentação dos projetos;
- Estados e municípios realizam cadastramento da demanda e após triagem indicam famílias para seleção, utilizando as informações de cadastro único;



- Construtoras apresentam projetos às superintendências regionais da CAIXA, podendo fazê-los em parceria com estados, municípios, cooperativas, movimentos sociais ou independentes;
- Após análise simplificada, a CAIXA contrata a operação, acompanha a execução da obra pela construtora, libera recursos conforme cronograma e, concluído o empreendimento, realiza a sua comercialização.

No que diz a respeito às construtoras, elas devem apresentar projetos que atendam às necessidades de moradias da região analisada além de obedecer aos diversos critérios e normas exigidos pelo programa. Os critérios de contratação da empresa são (CAIXA, 2019):

- Aquisição de empreendimentos na planta com especificações e custos definidos;
- Empresa com análise de risco aprovada pela CAIXA, realizada a menos de 12 meses;
- Pagamento à vista do terreno ao empreendedor;
- Liberação de recursos mediante execução das etapas da obra;
- Possibilidade de antecipação do recurso equivalente à primeira parcela, mediante apresentação de garantias bancárias ou reais;
- Concluído o empreendimento, as unidades habitacionais são alienadas aos beneficiários finais;
- Sem seguro de término de obra;
- Exigência de contratação de seguro de risco de engenharia;
- Desoneração do Regime Especial de Tributação – RET pelo governo federal e dos impostos municipais e estaduais, a critério dos municípios e estados.

Com os critérios de contratação validados, são realizadas análises de risco, de engenharia e jurídica pela Superintendência Regional da Caixa Econômica Federal. No que diz respeito às análises de Engenharia, a documentação exigida varia de acordo com a faixa do empreendimento (renda de até três salários mínimos ou de três a sete salários mínimos). No segundo caso, têm-se os seguintes documentos (BLANCO, 2009):

- Ficha resumo e projeto arquitetônico;
- Projeto do trabalho social, quando couber;
- Resumo da especificação mínima;
- Planilha de orçamento e cronograma;
- Levantamento planialtimétrico e implantação;



- Viabilidade de água, esgoto e energia;
- Licença ambiental, quando necessário;
- Quadro de áreas;
- Taxa de análise;
- Memorial descritivo.

A documentação tem por premissa disponibilizar todas as informações necessárias para que a análise seja feita sem a necessidade retrabalhos. Os principais pontos que são analisados para garantir a efetividade da operação são (CAIXA, 2019):

- Verificação das condições do projeto arquitetônico referente à funcionalidade e segurança (acessibilidade, compartimentação, iluminação, ventilação);
- Avaliação do valor de mercado das unidades habitacionais para enquadramento no programa e garantia do financiamento, quando for o caso;
- Verificação do orçamento da obra, com foco nos quantitativos de serviços e preços unitários, tendo como referência projetos básicos existentes e os índices de custos do Sistema Nacional de Pesquisa e Índices da Construção Civil – SINAPI;
- Análise do programa físico-financeiro, observando a sua viabilidade e a coerência entre a execução da obra e o desembolso financeiro programado.

Por falta de padronização das exigências de municípios e estados, a Caixa Econômica tem uma lista de trinta itens de projeto e localização que são considerados fundamentais para aprovação dos empreendimentos. Esses parâmetros aliados as normas brasileiras e leis municipais vigentes são imprescindíveis para a aprovação do projeto e funcionam como guia para verificar se os pontos mencionados no parágrafo anterior foram atendidos.

Entre as exigências do programa estão o atendimento ao Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP h) e a Gerência de Risco de Crédito da Caixa (GERIC). O PBQP-h é um programa que utiliza as premissas da ISO 9001 voltadas para a construção civil. O programa em questão tem como objetivo melhorar a qualidade das construtoras exigindo qualidade tanto de materiais utilizados como de técnicas e processos (ARRUDA, 2018).

O GERIC é uma etapa crucial para garantir que a construtora que receberá o empréstimo tem condições para a realização da obra e o pagamento do empréstimo no futuro. Nessa etapa ocorrem análises criteriosas tanto na parte fiscal, contábil e gestão como no projeto do empreendimento. Pontos como análise de entorno do empreendimento, plano de



venda e atendimentos ao nível A do PBQP-h e a norma de desempenho NBR 15575 são criteriosamente observados antes da liberação pelo GERIC (TOCHA, 2015).

Por exigir padronizações tanto de projeto como de técnicas e processos construtivos, sistemas construtivos como paredes de concretos são extremamente atrativos, pois conseguem atender aos requisitos com grande rapidez de execução.

2.4 MATERIAIS UTILIZADOS

A técnica construtiva de paredes de concreto se baseia basicamente em concreto, armadura, fôrmas e instalações. Cada insumo deve obedecer às próprias normas vigentes para que no final se obtenha um produto com qualidade e segurança garantidos pelos parâmetros estipulados em leis e normas.

2.4.1 Concreto

Material de extrema importância, o concreto é um insumo que demanda grande cuidado nos canteiros de obra. Por ser um insumo que possui certa variabilidade, a sua fabricação demanda múltiplos ensaios e dosagens rigorosas de seus materiais constituintes para garantir a qualidade final.

O concreto utilizado deve atender aos requisitos de projeto das normas NBR 6118 e NBR 16055, sendo que os quatro tipos mais recomendados para o sistema de paredes de concreto são listados abaixo (ABCP et al., 2008, p. 137) e demonstrados na Figura 2.

- *Concreto celular (Tipo L1):* Concreto com baixa massa específica e bons desempenhos térmico e acústico pela inclusão de uma espuma que gera grande quantidade de bolhas no concreto;
- *Concreto com alto teor de ar incorporado até 9% (Tipo M):* Possui características mecânicas e termo acústicas similares às do concreto celular;
- *Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica (Tipo L2):* Preparado com agregados leves (argila expandida), esse concreto possui bom desempenho termo acústico, porém levemente inferior aos tipos 1 e M;
- *Concreto convencional ou auto adensável (Tipo N):* O concreto auto adensável é uma ótima alternativa para esse sistema construtivo, pois tem fácil bombeamento (mistura extremamente plástica) e não precisa de vibração. O



concreto comum pode ser usado desde que tenha uma trabalhabilidade adequada com o método de transporte, espessura da parede e laje além de que se evite a segregação nas partes inferiores das fôrmas verticais.

Figura 2 - Tipos de concreto.

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

Fonte: ABCP et al (2008, p. 39).

Por se tratar de grandes volumes e áreas de concreto, é aconselhável a utilização de fibras ou outros materiais que diminuam os efeitos de retração do concreto, diminuindo a incidência de abertura de trincas e fissuras (ABCP et al.,2008, p. 39).

Para garantir a confiabilidade, rapidez e os grandes volumes de concreto utilizados, o uso de concreto usinado é imprescindível. As centrais de usinagem devem atender as grandes demandas de concreto em um curto prazo para que problemas como juntas de concretagens, sejam erradicados. Controles rigorosos de rotas de caminhões betoneira por GPS são práticas cada vez mais comuns nas obras para garantir uma cadência de concretagem que evite a formação dessas juntas e diminua o desperdício de materiais (SANTOS, 2014).

Por se tratar de um sistema onde o concreto deve percorrer grandes distâncias verticais e horizontais durante o adensamento, o uso de concretos auto adensáveis se torna uma boa opção e uma prática cada vez mais comum. Por ser o concreto utilizado nas obras estudadas nesse trabalho, uma maior ênfase será dada a ele.

Regido pela norma NBR 15823, o concreto auto adensável é um concreto com alta fluidez e com elevada estabilidade de mistura, o que garante boa coesão. Essas características fazem com que o CAA (concreto auto adensável) tenha grande capacidade de preencher espaços em fôrmas que possuem alta taxa de armadura ou preencher espaços de difícil acesso (REPETTE, 2008). Para que seja classificado como CAA e não como concreto comum de alta fluidez, alguns requisitos devem ser atendidos pelo CAA (em seu estado fresco) para que seja considerado como tal. Nas Figura 3 , Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7 e Figura 8 são mostrados os requisitos.



Ao realizar o teste do *slump flow* é possível ter um valor de espalhamento que mostra a habilidade do concreto de preenchimento em fluxo livre. As classes mostram espalhamentos típicos para algumas aplicações se diferenciando por tipos de estrutura e da densidade de armadura (ABNT, 2010).

Figura 3 - Classes de espalhamento (*slump flow*)

Classe	Espalhamento mm	Método de ensaio
SF1	550 a 650	ABNT NBR 15823-2
SF 2	660 a 750	
SF 3	760 a 850	

Fonte: Adaptado de ABNT (2010,0 p.4)

A viscosidade plástica aparente pode ser observada durante a execução do teste de espalhamento. Esse parâmetro é muito importante quando for requisitado um bom acabamento superficial quando a densidade de armadura for muito expressiva. Esse teste auxilia a verificação da uniformidade do CAA das diferentes betoneiras (ABNT, 2010).

Figura 4 - Classes de viscosidade plástica aparente

Classe	t_{500} s	Método de ensaio
VS 1	≤ 2	ABNT NBR 15823-2
VS 2	> 2	

Fonte: Adaptado de ABNT (2010,0 p.4)

Para saber se o concreto no estado fresco terá a capacidade de fluir sem perder sua uniformidade ou de bloquear espaços entre armaduras é necessário realizar o teste pelo anel J e caixa L para conhecer a habilidade passante (ABNT, 2010). Para sistemas onde existem grande números de materiais embutidos como eletrodutos e caixas 4x2 (por exemplo sistema de paredes de concreto) esse teste é essencial para se prevenir problemas de concretagem.



Figura 5 - Classes de habilidade passante pelo anel J

Classe	Anel J mm	Método de ensaio
PJ1 PJ2	0 a 25 com 16 barras de aço 25 a 50 com 16 barras de aço	ABNT NBR 15823-3

Fonte: Adaptado de ABNT (2010,0 p.4)

Figura 6 - Classes de habilidade passante caixa L

Classe	Caixa L (H2/H1)	Método de ensaio
PL1 PL2	$\geq 0,80$, com duas barras de aço $\geq 0,80$, com três barras de aço	ABNT NBR 15823-4

Fonte: Adaptado de ABNT (2010,0 p.4)

A classificação da viscosidade aparente pode ser feita pelo método do funil V. Assim como o tempo de abertura no *slump flow*, esse método classifica o CAA identificando estruturas e elementos em que a escolha de determinada viscosidade deve ser usada (ABNT, 2010).

Figura 7 - Classes de viscosidade plástica aparente pelo funil V

Classe	Funil V s	Método de ensaio
VF 1 VF 2	< 9 9 a 25	ABNT NBR 15823-5

Fonte: Adaptado de ABNT (2010,0 p.4)

Para garantir uma boa qualidade e homogeneidade é necessário conhecer a resistência a segregação do CAA. Além da segregação dinâmica (durante o lançamento) pode ocorrer a segregação estática (após o lançamento). A segregação estática traz mais danos em estruturas altas ou lajes pouco espessas sendo muito importante a realização do teste de segregação pela coluna de segregação (ABNT, 2010).

Figura 8 - Classes de resistência à segregação pela coluna de segregação

Classe	Coluna de segregação %	Método de ensaio
SR1	≤ 20	ABNT NBR 15823-6
SR2	≤ 15	

Fonte: Adaptado de ABNT (2010,0 p.5)

Para garantir uma elevada fluidez sem comprometer a resistência, o CAA se utiliza de aditivos químicos para suprir esse requisito com uma baixa relação água cimento. De acordo com a NBR 11768 (ABNT, 2011, p. 4) os principais aditivos utilizados em concretos no Brasil são:

- Plastificante;
- Super plastificante;
- Retardador de pega;
- Retentor de água;
- Polifuncional;
- Incorporador de ar;
- Acelerador de pega
- Acelerador de endurecimento.

No que diz respeito ao CAA, os aditivos plastificantes e super plastificantes são os responsáveis por garantir a fluidez necessária ao concreto no estado fresco. Além de facilitar o lançamento (especialmente quando há utilização de bombeamento) e espalhamento, o CAA garante uma melhor coesão, diminuindo a tendência a segregação do mesmo (BATTAGIN, 2012).

2.4.2 Armadura

A armação amplamente adotada pelo sistema de paredes de concreto é a tela soldada. Assim como a armação corrente em obras comuns de concreto armado (barras e vergalhões de aço), a tela soldada exige conhecimento prévio das normas vigentes e mão de obra treinada. Por serem produtos industrializados e padronizados, as telas garantem alto nível de confiabilidade. A norma NBR 16055 (ABNT, 2012) não informa diretrizes para o uso das armaduras apenas diz que, no caso das armaduras de tela soldada, a norma NBR 7481 deve ser atendida.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS), as vantagens técnicas das telas soldadas quando comparadas com os vergalhões (muito comum em obras porticadas correntes) são ilustradas na Figura 9.

Figura 9 - Vantagens técnicas da tela soldada comparadas ao vergalhão

Item	Vergalhão	Tela Soldada
Perda	Cortes (5 a 15%)	Zero ou próxima de zero
Recebimento	Necessita de pesagem	Elimina a pesagem
Colocação na forma	Corte, dobramento, marcação da forma, posicionamento da armadura e amarração com arame recozido.	Simples colocação de painéis prontos.
Amarração	2,5% do consumo de aço em arame recozido	Elimina a amarração
Emenda	Varia de acordo com a resistência do concreto, zona de aderência e diâmetro do fio	Simples sobreposição de malhas: armadura principal = 2 malhas armadura secundária = 1 malha
Ancoragem	Necessita de ganchos	Ancoragem reta (sem gancho), e menor comprimento
Aderência	Somente pela superfície do fio	Pela superfície do fio somado com a região do nó soldado
Qualidade	Espaçamento entre os fios com variações Deficiência no recobrimento da armadura pela massa de concreto	Espaçamento entre fios rigorosamente uniformes Posicionamento correto dentro da massa de concreto
Inspeção	Conferência de diâmetro, espaçamento entre fios, comprimento de emenda e comprimento de ancoragem	Conferência do tipo de tela, número de malhas na emenda e comprimento de ancoragem

Fonte: IBTS (2019).

A tela soldada é empregada nas paredes, lajes, reforços em cortes, emendas e ancoragens. No caso de aberturas nas paredes ou em vergas e contra vergas é comum encontrar reforços de armadura com barras de aço.

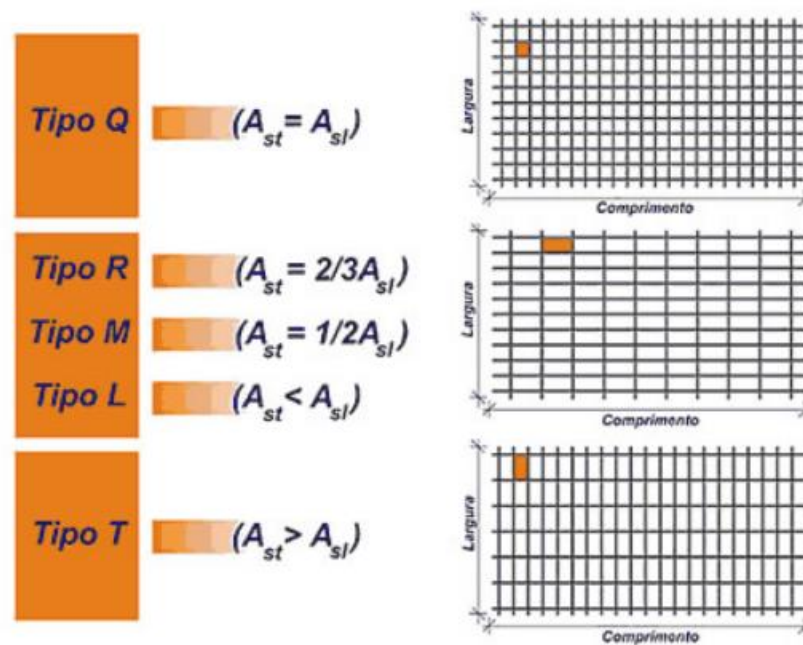
As telas padronizadas possuem as seguintes características (ABCP et al.,2008, p. 147):

- Largura (m): 2,45;
- Comprimento (m): 6,00;
- Espaçamentos entre fios (cm): 10,15,20,25 e 30;
- Diâmetros CA 60 (mm): 3,4 ;3,8 ;4,2 ;4,5 ;5,0 ;5,6; 6,0 7,1 ;8,0 ;9,0 ;10,0;
- Diâmetros CA 50 (mm): 11,2 e 12,5;

- Tipos: “L, M, R”, “Q”, “T”;

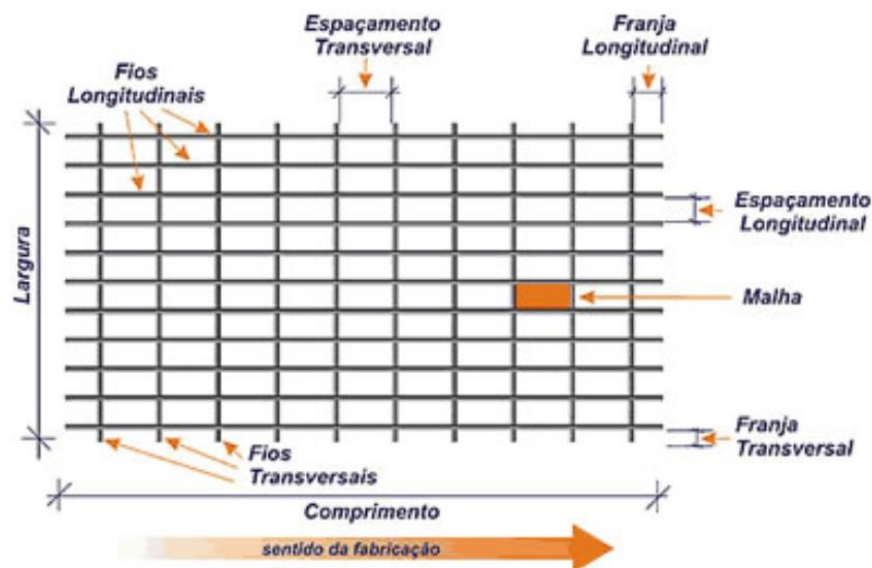
A separação das telas soldadas por “Tipos” se faz pela relação entre área da seção dos fios transversais por metro de tela (A_{st}) e a área da seção dos fios longitudinais por metro de tela (A_{sl}). A Figura 10 mostra as diferenças entre os tipos de telas soldadas normalmente encontradas e a Figura 11 mostra os elementos de uma tela soldada.

Figura 10 - Tipos de telas soldadas



Fonte: FERTEL (2019).

Figura 11 - Elementos das telas



Fonte: FERTEL (2019).

2.4.3 Fôrmas

O sistema de fôrmas é um fator de extrema importância nesse sistema construtivo, pois seu alto custo inicial faz com que a escolha correta garanta uma boa relação custo/benefício. O sistema de fôrmas é constituído por painéis de fôrmas, escoramento, cimbramento, apuradores e andaimes onde as principais características são exemplificadas pela norma 16055 (ABNT, 2012, p. 22):

- Resistir a ações a que possa ser submetido durante o processo de construção considerando ações ambientais, carga da estrutura auxiliar, cargas das partes da estrutura permanente a serem suportadas pela estrutura auxiliar até que o escoramento possa ser retirado e efeitos dinâmicos acidentais produzidos pelo lançamento e adensamento do concreto;
- Rigidez suficiente para assegurar que as tolerâncias especificadas para a estrutura das paredes de concreto e nas especificações de projeto sejam satisfeitas e a integridade dos elementos estruturais não seja afetada;
- Estanqueidade e conformidade com a geometria das peças que estão sendo moldadas.

Além das características principais mencionadas anteriormente, as fôrmas têm também um papel importante em funções como:

- Diminuir a perda de umidade do concreto no estado fresco para garantir uma cura de qualidade, além de proteger o concreto contra impactos;
- Permitir a instalação de outros elementos como bandejas e grades de proteção além de elementos de travamento entre as fôrmas (barras horizontais de travamento da parede conforme a Figura 12);
- Garantir integridade e segurança para os trabalhadores que estarão sobre a estrutura montando as fôrmas do pavimento superior.

Figura 12 - Cantoneiras horizontais para travamento da parede



Fonte: Autor.

Os principais tipos de fôrmas são (ABCP et al., 2008, p. 78):

- Fôrmas metálicas: utilizam chapas e quadros metálicos tanto para a estruturação da fôrma quanto para o acabamento da peça concretada conforme Figura 13;
- Fôrmas metálicas com compensado: são compostas por quadros metálicos e utilizam chapas de compensado (ou material sintético) para dar o acabamento na peça concretada;
- Fôrmas plásticas: utilizam quadros e chapas em material plástico reciclável na estruturação da fôrma e nos painéis de acabamento da peça concretada. Para estrutura de contraventamento são utilizadas peças metálicas.

Existem várias planilhas e matrizes de decisão para a seleção do tipo de fôrma a ser adotada podendo variar de acordo com a realidade de cada construtora. Os principais pontos a serem observados na seleção de fôrmas são (ABCP et al.,2008, p. 117):

- Produtividade média (hh/m²);
- Peso por m²;
- Quantidade de peças necessárias para montagem da fôrma;
- Durabilidade das chapas de acabamento;
- Número de reutilizações;
- Durabilidade da estrutura da fôrma;
- Modulação do sistema;
- Solução para oitões e embutidos;
- Custo de aquisição;
- Atendimento e comercialização.

As devidas ponderações devem ser feitas para se ter uma análise condizente com a obra, com o planejamento, com a disponibilidade de equipamentos (grua, por exemplo) e com a realidade financeira da empresa executora do empreendimento.

Figura 13 - Fôrma e chapa de acabamento metálicas.



Fonte: SANTOS (2019).



2.4.4 Instalações

Para garantir o bom funcionamento final do empreendimento é necessário que todos os componentes de instalações elétricas, hidro sanitárias e de gás sejam compatíveis com o sistema construtivo de paredes de concreto. O uso de componentes que garantam estanqueidade é primordial para se evitar problemas como entupimento de eletrodutos ou caixas 4x2.

As instalações verticais embutidas devem atender, além do projeto, as seguintes condições exigidas pela NBR 16055 (ABNT, 2012, p.10):

- Diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não deve ultrapassar 15 °C;
- Pressão interna da tubulação deve ser menor que 0,3 MPa;
- Diâmetro máximo de tubulação deve ser 50 mm;
- Tubos metálicos não podem encostar-se às armaduras para evitar corrosão galvânica;
- O diâmetro da tubulação não ultrapassar 50% da espessura da parede restando espaço suficiente para o cobrimento e a armadura de reforço;
- Admitem-se tubulações cujos diâmetros são de até 66% da espessura da parede e com cobrimentos mínimos, desde que existam telas nos dois lados da tubulação com comprimento mínimo de 50 cm para cada lado.

2.5 EXECUÇÃO DE PAREDES DE CONCRETO

No que diz respeito à execução de paredes de concreto, a norma 16055 (ABNT, 2012) não traça diretrizes de execução e sim objetivos e requisitos que o sistema (e seus subsistemas) deve apresentar para garantir que o produto final esteja conforme. Nessa parte do trabalho será feita uma introdução a execução do sistema construtivo de paredes de concreto com as etapas construtivas básicas, ficando reservado ao Capítulo 3 o detalhamento completo da execução.

Por se tratar de um sistema monolítico moldado *in loco* que contem em seu interior instalações embutidas e caixilhos de portas e janelas, executar a obra rigorosamente de acordo com os projetos é uma premissa básica do sistema de paredes de concreto. De acordo

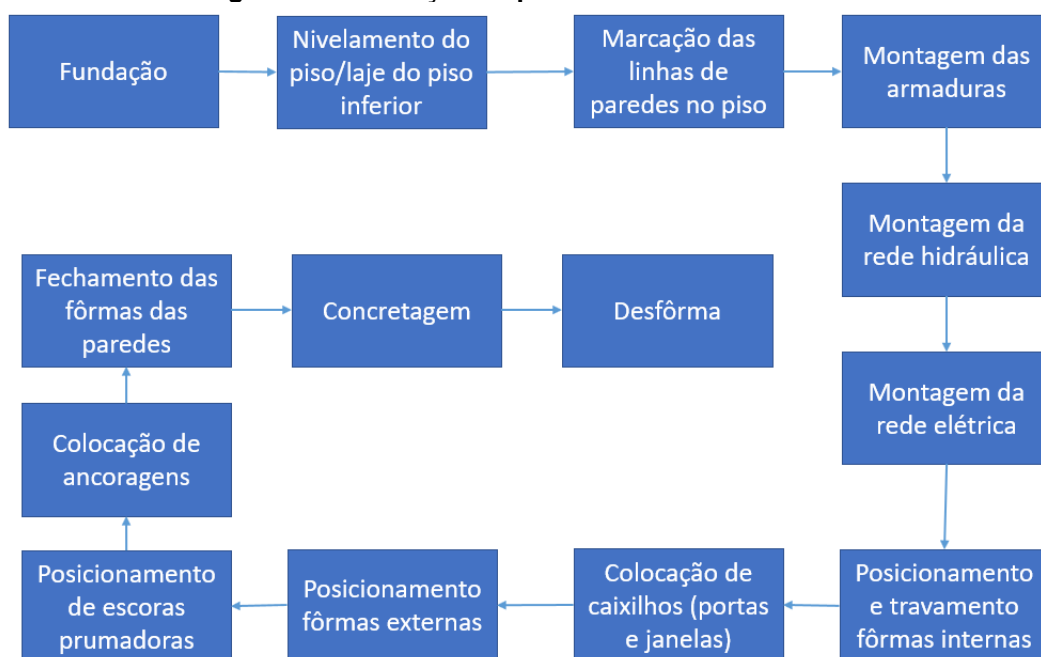
com Wendler e Monge (2018), são listados alguns procedimentos executivos que são necessários para a realização de uma obra utilizando o sistema construtivo de paredes de concreto mostrados na Figura 14. Além deles, a ABCP traz em sua coletânea de ativos práticas recomendadas para execução que foi resumida e estruturada em forma de fluxograma conforme Figura 15.

Figura 14 - Procedimentos executivos em paredes de concreto

1) Antes de iniciar a construção, o terreno deve estar nivelado e com a fundação (radier, normalmente) devidamente executada.
2) Conforme determinações do projeto estrutural, montam-se as telas soldadas da armadura. A armação recebe espaçadores que ajudam a garantir o cobrimento mínimo das armaduras.
3) Também são instalados kits de instalações hidráulicas e elétricas.
4) As fôrmas são posicionadas de acordo com a sequência executiva descrita no projeto. Os painéis devem ser montados e travados com o uso de grampos ou pinos.
5) As fôrmas de laje são montadas logo após a conclusão das fôrmas para parede. A fixação desses elementos também se dá com o uso de pinos de travamento.
6) Após conferência do engenheiro, inicia-se a concretagem. O concreto deve ser suficientemente plástico para preencher todos os vazios da fôrma e impedir que haja segregação, principalmente na parte inferior das paredes.
7) Após a concretagem, é feita a regularização do concreto com régua metálica.
8) Quando o concreto atinge a resistência e a elasticidade previstas no projeto, as fôrmas são retiradas com cuidado para não danificar as peças. O endurecimento do concreto pode ser antecipado por meio de tratamento térmico (cura térmica) adequado e devidamente controlado.
9) O projeto estrutural normalmente prevê a permanência de escoramento residual após a retirada das fôrmas para dar sustentação à laje.
10) À medida em que cada pavimento é concluído, as fôrmas são passadas para o pavimento superior ou para outro trecho para dar continuidade à construção em série.

Fonte: WENDLER e MONGE (2018).

Figura 15 - Execução de paredes de concreto



Fonte: Adaptado de ABCP et al (2008).

2.5.1 Fundações

A escolha da fundação depende principalmente do tipo de solo, da carga aplicada sobre a fundação e dos recalques esperados. A fundação do tipo radier é uma das mais utilizadas para esse sistema construtivo quando empregado em pequenas estruturas, porém sapatas corridas, blocos de travamento de estacas e tubulões também são tipos usualmente encontrados em grandes empreendimentos. O cuidado com o nivelamento e locação das fundações deve ser rigoroso para não interferir ou propagar erros na construção da superestrutura (MISURELLI; MASSUDA, 2009). Além do nivelamento, alguns pontos devem ser observados como:

- Precauções para evitar que a umidade do solo migre para a edificação;
- Realização de cura úmida do concreto.

Nas obras analisadas as fundações utilizadas foram as lajes estaqueadas. Uma fundação rasa do tipo radier foi realizada sobre fundações profundas do tipo tubulão. Em locais que foram verificadas cargas verticais excessivas, reforços de armadura foram previstos em projeto.



2.5.2 Armadura

No sistema de paredes de concreto a armadura utilizada são as telas soldadas posicionadas verticalmente dentro das fôrmas. Em casos como vãos de portas e janelas, excesso de instalações e bordas é comum realizar reforços de armadura com barras comuns de aço ou reforço de tela. Caso a parede seja muito alta ou esbelta a NBR 16055 (ABNT, 2012) prevê a colocação de uma segunda camada vertical de tela soldada. Em casos em que a borda superior da parede for livre, a norma em questão prevê uma armadura horizontal em toda a extensão da borda livre.

A armadura deve ser posicionada ou no eixo das paredes ou, no caso de tela dupla, nas duas faces da parede. A função da armadura além de resistir aos esforços de flexotorção é de controlar a retração do concreto e servir como apoio para as instalações elétricas e hidráulicas que serão embutidas (MISURELLI; MASSUDA, 2009). Espaçadores devem ser acoplados a armadura de acordo com o projeto para que o cobrimento de concreto seja respeitado em toda a extensão do sistema monolítico.

2.5.3 Instalações

As instalações embutidas nas paredes de concreto devem ser realizadas de acordo com o projeto para que a integridade estrutural da parede seja condizente com o esperado. No caso das tubulações horizontais, elas não são permitidas a não ser em casos especiais quando em trechos de até um terço do comprimento da parede não ultrapassando 1 metro e em trechos que não sejam considerados estruturais. Tanto no caso de instalações verticais quanto em horizontais são vedadas a existência de tubulações nos encontros de paredes (NBR 16055, 2012). A NBR 16055 destaca a seguinte premissa

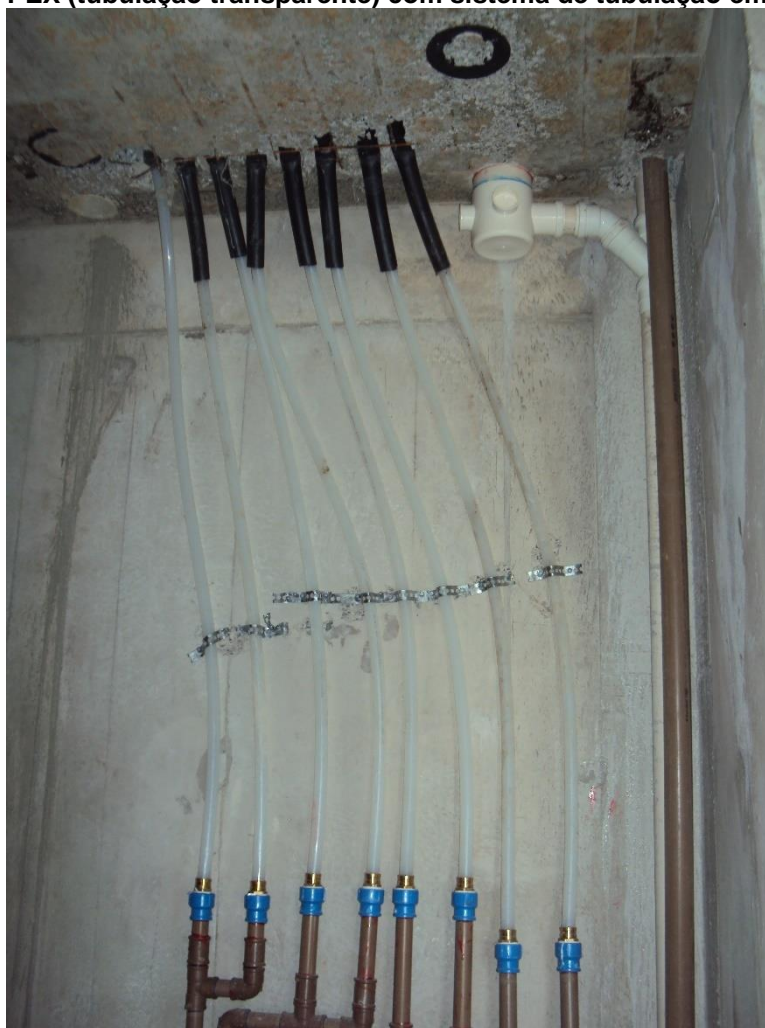
A decisão quanto ao embutimento ou não das instalações nas paredes deve ser do projetista estrutural, de forma a não comprometer o sistema construtivo. Além disto, a decisão deve considerar as exigências de manutenibilidade das instalações hidro sanitárias e elétricas ao longo da vida útil da construção. (ABNT, 2012, p. 3)

Uma forma de garantir a fácil manutenção e minimizar o comprometimento estrutural é a criação de *shafts* externos às paredes para as instalações hidro sanitárias (CONCRETO, 2018).

Em casos de pequenas tubulações onde o projetista escolha pelo embutimento nas paredes de concreto, as tubulações devem ser fixas na armadura e devem ser colocados espaçadores entre a rede de instalação e as faces das fôrmas para garantir o cobrimento necessário.

No caso do embutimento de instalações hidráulicas em lajes é comum encontrar, em obras mais industrializadas, soluções mais atuais para o sistema hidro sanitário que facilitam a montagem e garantem maior confiabilidade e manutenibilidade. A utilização do sistema PEX (Figura 16) é um exemplo de sistema de rápida instalação e grande repetitividade, qualidades essenciais para sistemas construtivos que demandam industrialização como o sistema parede de concreto (CONSTRUÇÃO, 2007). A Figura 16 mostra a passagem das tubulações no *shaft* presente no hall do segundo pavimento.

Figura 16 - Sistema PEX (tubulação transparente) com sistema de tubulação em PVC comum

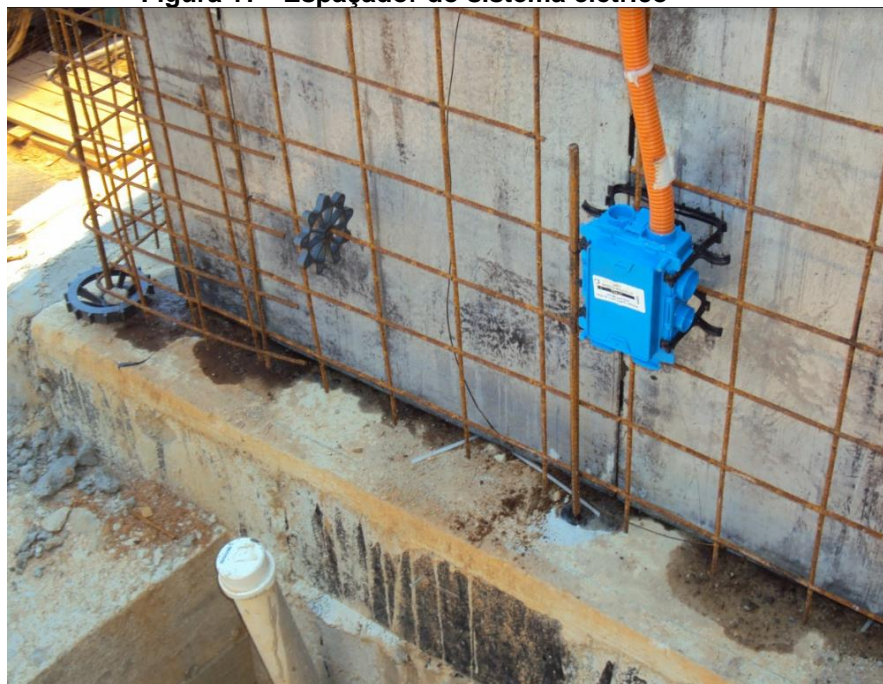


Fonte: Autor.

Para a instalação do sistema elétrico, a utilização de eletrodutos, caixas ortogonais e 4x2 adequadas ao sistema construtivo são fundamentais. O embutimento de instalações elétricas exige eletrodutos que suportem a pressão de concreto além de caixas e quadros elétricos impermeáveis com sistema de fechamento por tampas. Isso evita a entrada de concreto no sistema que ocasionaria em entupimento e inviabilização do trecho em questão (CONCRETO, 2018). No caso de utilização de caixas e quadros que contenham orifícios onde o concreto possa fluir, recomenda-se o preenchimento desses elementos com papel ou pó de serra para evitar a entrada do concreto (CONSTRUÇÃO, 2007).

A fixação dos elementos da instalação elétrica deve ser feita na armadura e seguir rigorosamente o projeto elétrico, pois, uma vez fixados e concretados, o retrabalho resultaria em quebra de paredes. Espaçadores acoplados nas caixas devem ser utilizados para garantir o cobrimento necessário de concreto, conforme ilustra a Figura 17.

Figura 17 - Espaçador do sistema elétrico



Fonte: Autor.

2.5.4 Instalação de caixilhos

Outro ponto que requer atenção é a instalação de caixilhos e batentes de portas. A instalação pode ser feita utilizando os próprios elementos da esquadria (caixilhos ou batentes) diretamente fixados nos painéis das fôrmas ou utilizar um marco para a fixação desses elementos (geralmente utilizados em esquadrias com espessuras menores que a da parede). Quando utilizado o marco (ou negativo), ele deve ser fixado aos painéis da fôrma de modo que seja facilmente retirado para ser reutilizado nas próximas concretagens (CONSTRUÇÃO, 2007). A Figura 18 ilustra uma fôrma metálica com marco de fixação.

Figura 18 - Abertura para esquadria sendo travada



Fonte: FRAGA (2019).

2.5.5 Fôrmas

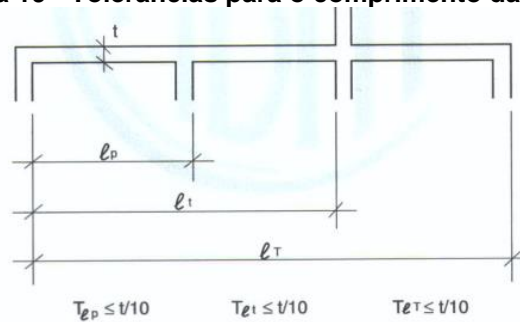
Componentes de extrema importância para o sistema construtivo, as fôrmas devem ser fornecidas junto com um projeto de fôrmas. Esse projeto apresenta todos os detalhes de cada painel, posicionamento, ancoragens, escoramentos e detalhes de montagem das fôrmas. É de extrema importância que o engenheiro responsável execute a montagem seguindo rigorosamente o projeto de fôrmas. A compatibilidade entre projeto e execução possibilita o alcance dos padrões de tolerância estabelecidos pela NBR 16055 (ABNT, 2012, p. 28), que são:

- Tolerância dimensional para as espessuras das paredes de $\pm 5\text{mm}$;



- Tolerância dimensional para o comprimento das paredes, de acordo com a Figura 19;
- A tolerância para a posição dos eixos das paredes do pavimento térreo em relação ao projeto não pode ultrapassar $\pm 5\text{mm}$. Para os demais pavimentos, esta tolerância deve ser sempre relativa ao eixo das paredes do primeiro pavimento. A tolerância individual de desalinhamento horizontal de elementos estruturais lineares deve ser menor ou igual ao comprimento $\frac{l}{500}$ ou 5mm , adotando-se o menor valor, sendo l o comprimento do elemento em milímetros (mm);
- A tolerância individual ao desaprumo deve ser menor ou igual a $\frac{h}{500}$ ou 5mm , adotando-se o menor valor, onde h é a altura do pavimento expressa em milímetros (mm). A tolerância cumulativa para o desaprumo deve ser menor que 10mm ;
- O nivelamento das fôrmas antes da concretagem deve respeitar a tolerância de 10mm , com relação as cotas de projeto.

Figura 19 - Tolerâncias para o comprimento da parede



Fonte: NBR 16055 (ABNT, 2012, p. 28).

Uma prática usualmente utilizada nos canteiros de obra para realizar a montagem das fôrmas é (CONSTRUÇÃO, 2007, pg. 1):

- Inicia-se a colocação das fôrmas das paredes internas. Geralmente o início dá-se pelas paredes hidráulicas (banheiro ou cozinha) colocando-se primeiramente as fôrmas de canto;



- Realizam-se os reforços de armadura, finalização das instalações e esquadrias para fazer o fechamento das fôrmas, colocando as fôrmas das paredes externas;
- Colocação dos grampos de fechamento dos painéis;
- Posicionamento das escoras prumadoras;
- Colocação das ancoragens e fechamento das formas;
- Após a desfôrma, todas as fôrmas devem ser devidamente limpas e receber o desmoldante para o próximo uso. O desmoldante correto depende do tipo do painel que a fôrma utiliza sendo recomendado pelo fabricante.

2.5.6 Concretagem

Por se tratar de um sistema monolítico moldado *in loco*, a etapa de concretagem representa uma grande importância na execução deste tipo de obra. Para garantir qualidade e durabilidade ao concreto, a utilização de concretos dosados em centrais é extremamente vantajosa. Produções em centrais garantem concretos com traços, controles de qualidade, pesagem e dosagens de precisão que geram garantias da concreteira de entregar um produto de qualidade dentro das especificações de projeto.

As grandes demandas de concreto nas obras de paredes de concreto exigem dos fornecedores um grande volume de caminhões betoneiras além de uma atenção ao tempo de entrega e lançamento do concreto. De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004), o tempo decorrido entre o início da produção do concreto na usina e a entrega no canteiro não deve ser superior a 150 minutos. No caso do CAA, o bombeamento e lançamento do concreto devem ser realizados no máximo 40 minutos após a colocação do aditivo superplastificante (MISURELLI; MASSUDA, 2009). Com respeito a esses tempos máximos de entrega e lançamento diminui consideravelmente a chance do concreto dar início de pega ou perda de plasticidade no estado fluido antes do tempo desejado.

Ensaio no concreto no estado fresco são necessários para garantir a fluidez exigida em projeto. No caso de concretos comuns, o ensaio de *slump* deve ser feito. No caso de CAA, caso o aditivo seja colocado no caminhão betoneira dentro da obra, é necessário realizar os ensaios de *slump* e, após aditivos, *slumpflow*. Para garantir a confiabilidade do concreto após o estado fresco, corpos de prova devem ser moldados de acordo com a NBR 5738 – Procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova.



O lançamento do concreto deve seguir um planejamento prévio que leve em consideração o tipo de concreto e o *layout* das fôrmas. O início do lançamento deve ser feito por um dos cantos da construção até as paredes mais próximas estarem cheias e, após, seguir o mesmo procedimento no canto oposto. Durante o lançamento, não deve haver interrupções com duração maiores a 30 minutos. Ao respeitar essa cadência de concretagem, o risco de criação de juntas frias diminui consideravelmente (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

O adensamento do concreto deve ser realizado de forma que garanta que o concreto flua para todos os espaços da fôrma, evitando formação de bolhas de ar ou ninhos de concretagem. No caso de concretos comuns, o uso de vibradores deve ser feito para garantir o adensamento. Porém, a vibração deve ser feita com o cuidado de não vibrar a armadura a fim de evitar a formação de vazios ao seu redor e, conseqüentemente, diminuir a sua aderência. Pode-se utilizar uma marreta de borracha para dar leves golpes nos painéis da fôrma durante o adensamento para facilitar a saída de ar do concreto. No caso da utilização do CAA, é dispensável o uso de vibradores por ser um concreto com alta fluidez e alta viscosidade (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Após a concretagem é indispensável que se realize uma cura adequada. Enquanto o concreto não atingir o endurecimento necessário ele deve receber proteção contra mudanças bruscas de temperatura, vento, secagem acelerada, choques, vibrações e quaisquer elementos que possam danificar ou gerar fissuras no concreto podendo afetar a sua aderência na armadura (ABCP et al, 2008). Seja uma cura úmida ou química, a cura deve ser feita logo após a desfôrma e seguir as recomendações para que garanta uma boa hidratação e qualidade final do concreto.

2.5.7 Desfôrma

Assim que o concreto atingir a resistência específica no projeto, a desfôrma das paredes pode ser feita e, posteriormente quando atingir maior resistência, a retirada das escoras de laje. Tanto a retirada das fôrmas como a de escoras deve ser feita com cuidado e evitando choques mecânicos que podem causar fissuramento na estrutura. Com a desfôrma feita, as fôrmas são limpas para a retirada de restos de concreto e desmoldante. A limpeza pode ser feita com jatos pressurizados de água ou com uma mangueira e escovas/espátulas plásticas. Após a limpeza é passado desmoldante nos painéis da fôrma (CONSTRUÇÃO, 2007).



2.6 SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO E A NORMA DE DESEMPENHO

Para garantir segurança, habitabilidade e sustentabilidade, a NBR 15575 (ABNT, 2013) traz uma lista de exigências, requisitos e critérios. Por ser uma norma prescritiva, ela não estabelece materiais nem sistemas construtivos a serem adotados, mas fixa parâmetros mínimos de desempenho para projetos e construções. Os principais pontos a serem analisados que são mais pertinentes ao sistema de parede de concreto de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013, p. 11) são:

- Desempenho estrutural;
- Segurança contra incêndio;
- Estanqueidade;
- Desempenho térmico;
- Desempenho acústico;
- Durabilidade e manutenibilidade.

Por se tratar de um sistema monolítico de concreto, o desempenho estrutural acaba sendo alcançado facilmente, pois a NBR 16055 (ABNT, 2012) exige em suas premissas diretrizes de projeto que garantem tal desempenho. A segurança contra incêndio deve ser observada para que garanta isolamento térmico, estanqueidade contra o fogo e estabilidade. (WENDLER, 2017).

Ao se analisar a estanqueidade do sistema construtivo é necessário analisar separadamente a parede de seus subsistemas (esquadrias por exemplo). O concreto apresenta boa estanqueidade por suas características, porém as esquadrias e a interface entre concreto/esquadria devem ter um cuidado especial. Além de utilizar bons materiais e técnicas é de extrema importância analisar a estanqueidade com a velocidade do vento no local da obra (NBR 6123– Forças devido ao vento em edificações), diz Wendler (2017). Algumas boas práticas na fixação de esquadrias são (CONCRETO, 2018, p. 1):

- Assentamento com espuma de poliuretano;
- Fixação com buchas e parafusos nas faces laterais e superior – Utilizar um bom vedante no furo do parafuso;
- Vedar as bordas internas e externas com mastique plástico para finalizar em todo o perímetro;



- Deixar nas faces laterais e superior até 0,5 cm de folga para a fixação e vedação dos caixilhos.

O desempenho térmico pode ser previsto com modelos computacionais de acordo com os elementos construtivos, dados climáticos e zona bioclimática ao qual o empreendimento está inserido, seguindo as diretrizes da NBR 15220 – Desempenho térmico em edificações. De acordo com Wendler (2017), ao se realizar ensaios em paredes com 10 cm de espessura verificou-se que o sistema construtivo passa no quesito desempenho térmico na grande maioria dos casos. A Caixa Econômica Federal por meio do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) dispensa o ensaio de simulação térmica quando as seguintes condições forem atendidas (HABITAÇÃO, 2017, p. 21):

- Laje com espessura mínima de 100 mm (de forro ou de piso);
- Pé direito mínimo de 2,50 m;
- Espessura mínima de parede de 100 mm;
- Telhado com telhas de fibrocimento (esp. ≥ 6 mm) ou telhas de concreto (esp. ≥ 11 mm) ou telhas cerâmicas;
- Presença de ático entre laje horizontal e o telhado com altura mínima de 500 mm;
- Faces externas das paredes pintadas com tonalidades médias ou claras para as zonas bioclimáticas Z1 a Z7. Para a zona Z8, paredes pintadas com tonalidades claras e emprego de isolante térmico na cobertura com resistência térmica mínima de $0,67 \frac{m^2K}{W}$ ($R = \frac{e}{\lambda}$, sendo “e” a espessura e “ λ ” a condutividade térmica).

Por se tratar de um sistema monolítico, uma atenção especial deve ser dada ao desempenho acústico. Para se alcançar o conforto acústico deve ser conhecido o ambiente de estudo (sala ou quarto), o ruído externo ao empreendimento e as características dos elementos construtivos como paredes, lajes, acabamento de paredes e esquadrias. A análise acústica deve ser feita levando em consideração os tipos de transmissão de ruído sendo eles de impacto (laje), aéreo (entre ambientes) e de fachada. A NBR 15575 estabelece intervalos de níveis de pressão sonora para classificar sistemas de pisos, sistemas de vedações verticais internas (paredes) e externas (fachadas) além de coberturas (ABNT, 2013).

Para ter o desempenho classificado pela NBR 15575 como mínimo, intermediário ou superior é necessário conhecer o elemento em análise e a classe de ruído. A norma em



questão não trata as classes de ruído de forma quantitativa e sim de forma descritiva o que gera, em alguns, casos dificultar a análise dos resultados. No âmbito de padronizar as análises, a Associação Brasileira para a Qualidade Acústicas (ProAcústica) lançou um manual sobre a norma de desempenho onde informa, de forma quantitativa, o intervalo do nível de pressão sonora de cada uma das três classes de ruído (PIERRARD; AKKERMAN, 2015).

Os pontos mais críticos de desempenho acústico em sistemas de paredes de concreto são as paredes entre dormitórios e ruído proveniente de impacto na laje (WANDLER, 2017). Para se evitar que os requisitos mínimos não sejam alcançados, o “anexo E” da NBR 15575 apresenta requisitos (não obrigatórios) para se alcançar os desempenhos intermediário e superior. Tais medidas (no caso da laje) contam com utilização de contrapisos flutuantes sobre manta resiliente, por exemplo.



3 METODOLOGIA DO TRABALHO

As análises críticas de execução de obras de parede de concreto são essenciais para confrontar boas práticas e normativas com a qualidade final do empreendimento. Foram analisadas as fases de execução da superestrutura das paredes de concreto como fôrma e desfôrma, armação, instalações elétricas e hidráulicas além da concretagem. As etapas de execução serão descritas passo a passo conforme foram realizadas na obra e serão analisadas a seguir.

No decorrer desse capítulo serão abordados os erros encontrados nas paredes e lajes dos edifícios analisados durante as visitas nas obras. No acompanhamento na obra os erros encontrados foram fotografados e por meio de questionamentos ao engenheiro responsável e revisão bibliográfica, foi possível fazer a análise dos erros executivos encontrados. Os erros foram categorizados de acordo com o padrão visual que apresentavam.

Por pedido da empresa, não será divulgado nem o nome do empreendimento nem o nome da construtora. A construtora é a maior do país com empreendimentos em mais de 155 cidades do país e com mais de 400 mil imóveis lançados. É grande responsável pela construção de imóveis do Minha Casa, Minha Vida sendo uma empresa com grande conhecimento na execução de imóveis em paredes de concreto para esse fim.

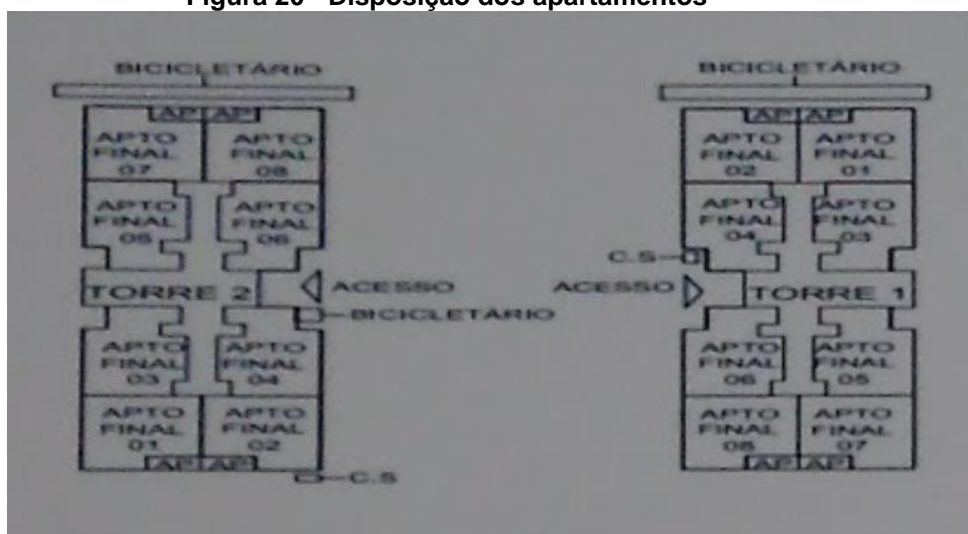
O empreendimento analisado se situa na cidade de Blumenau, estado de Santa Catarina e consiste em duas torres de prédios residenciais, cada uma com oito andares e oito apartamentos por andar. Os prédios são voltados para o programa habitacional do governo federal Minha Casa Minha Vida e, por isso, possuem uma planta única que foi replicada em todos os andares onde há apartamentos. As visitas foram limitadas pois por estar sediada em outra cidade a locomoção e gastos eram um problema.

Por se tratar de um conjunto habitacional pequeno (apenas 128 apartamentos), a escolha pelo sistema de paredes de concreto pode não ser muito vantajosa. Ao ser questionado, o engenheiro chefe responsável pela obra Ademar Stringari Junior explicou que isso se deve a experiência da empresa na utilização dessa tecnologia construtiva. Aliado a isso, houve também a necessidade de cumprir um curto prazo de obra (um ano), além de também difundir a técnica construtiva na região para possibilitar futuros empreendimentos.

Os apartamentos possuem área de 55,06 m² contando com dois quartos, um banheiro, sala, sacada com churrasqueira, cozinha e área de serviço. Todo o projeto arquitetônico foi realizado utilizando o software AutoCad®, assim como os projetos de compatibilização. Os

projetos estruturais foram feitos por uma empresa catarinense especializada em paredes de concreto e os projetos de fôrmas foram feitos pelo fabricante colombiano de fôrmas metálicas Forsa. Na Figura 20 é possível ver a locação das torres visitadas com a disposição dos apartamentos.

Figura 20 - Disposição dos apartamentos



Fonte: Autor.

As fôrmas de alumínio utilizadas nas obras foram compradas pela empreiteira e podem ser reutilizadas por mais de mil vezes caso recebam manutenção constante, cuidados no transporte e manuseio.

O projeto das edificações conta com fundação do tipo laje estacada composta por radier e tubulão, paredes de concreto de 11 cm moldadas in loco utilizando fôrmas metálicas, laje zero com 10 cm de espessura sob revestimento de manta de polietileno de 5mm, piso cerâmico (em ambientes molhados) e laminados nos demais ambientes. A manta tem papel de melhorar o isolamento acústico da laje (principalmente isolamento por impacto) para alcançar os mínimos exigidos pela norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), porém a empresa não fez nenhum estudo nem contratou medições em obra para comprovar a eficácia acústica.

Por ser um sistema monolítico, as paredes foram concretadas juntas com as lajes. Esse tipo de obra exige uma atenção redobrada com a execução e qualidade de insumos utilizados, pois para realizar a obra com a cadência desejada pelo construtor (um ano) os períodos de escoramento e desfôrma devem ser menores.



As visitas técnicas foram feitas em duas etapas, onde na primeira etapa (novembro de 2018) foi possível conhecer todo o empreendimento, conhecer materiais e técnicas usadas e analisar a execução das paredes de concreto. Um mês depois, a segunda etapa teve como foco principal identificar e analisar os erros apresentados nos dois empreendimentos. Essa diferença temporal entre as etapas de visitas técnicas foi crucial para capturar diversos problemas já sabendo como eram as técnicas de execução das paredes de concreto.

3.1 METODOLOGIA DA EXECUÇÃO DAS PAREDES DE CONCRETO

Nessa parte do trabalho serão apresentadas as etapas de execução das paredes de concreto utilizadas pela empreiteira nas obras visitadas. Mesmo tendo grande compatibilização com outras metodologias de execução vistas anteriormente no item 2.5.5, as obras tiveram as etapas para a execução das paredes de concreto ditadas pelo engenheiro da obra.

3.1.1 Marcação de parede e colocação da tela

Com a fundação e piso do pavimento térreo terminados, a execução das paredes de concreto começou com a marcação da parede com linha de pedreiro após conferência de locação. Após a marcação, os gabaritos do tipo bolacha (modelo GAP PRF110) foram colocados sobre o piso para que delimitem o tamanho da parede. Os gabaritos foram colocados onde ficarão o pé das fôrmas e são cravados na laje de base com pistola de pregos seguindo a marcação da linha de pedreiro. As bolachas foram colocadas nas extremidades das paredes ou em locais estratégicos como aberturas nas paredes. Depois, barras de aço de 10mm foram alocadas sobre as bolachas e, caso já existam esperas da laje inferior, foram fixadas lateralmente às esperas com arame recozido. Na ausência de esperas da laje inferior, as barras de aço são chumbadas na laje. A Figura 21 mostra a forma de fixação dos gabaritos com a barra guia. As barras de aço devem ter comprimento suficiente para fazer o traspasse com a laje superior.

Figura 21 - Gabarito de fôrma fixado e barra guia chumbada na laje de base



Fonte: Autor.

Com os gabaritos fixados, iniciou-se a colocação das telas metálicas. Elas devem estar armazenadas em local coberto, arejado sem contato direto com o solo para evitar contaminação do aço. Foi possível verificar que todas as telas estavam dispostas em locais abertos e alocadas diretamente no solo. Não foi passada nenhuma orientação para limpeza das armaduras com escova de aço ou jatos de ar comprimido. Por se tratar de uma obra onde as paredes são estruturais, um cuidado maior com a armadura deveria ser uma prioridade.

As telas são colocadas de acordo com o projeto e as dobras e cortes são feitos diretamente no canteiro de obras. As áreas de traspasse e reforços em aberturas devem ser feitas com muita atenção para que nada seja feito sem estar de acordo com o projeto e com as orientações do engenheiro responsável. A tela (Q 159) foi posicionada verticalmente sobre a marcação da linha e fixada às guias de aço com arame recozido. O posicionamento da tela deve obedecer à linha central de marcação da parede para que garanta igual cobertura de concreto nos dois lados da parede. A Figura 22 mostra a instalação das telas.

Figura 22 - Tela posicionada com amarração nas esperas da laje



Fonte: Autor.

Assim como na Figura 22, foi possível encontrar diversas telas com posicionamento entre 0,5 e 1cm fora do eixo em relação a marcação da parede e ao gabarito. Por se tratar de uma obra com ritmo extremamente rápido, muitas vezes o mestre de obras e o engenheiro não tinham tempo para analisar todas as alocações. Essa não centralização na armadura pode gerar cargas excêntricas sobre a armadura que não foram previstas.

3.1.2 Locação das instalações eletro hidráulicas nas paredes

Com as telas devidamente posicionadas e fixadas, a próxima etapa foi a locação dos eletrodutos e tubulação do ar condicionado (água da condensação). A fixação desses elementos à tela foi feita com abraçadeira de nylon. Os eletrodutos devem ser reforçados para

suportar a pressão de concreto e as caixas de energia 4x2 e caixas ortogonais devem ser próprias para serem utilizadas nesse sistema construtivo. O uso de caixas 4x2 lacradas evita o entupimento da própria caixa e do eletroduto com concreto. As caixas devem ter também espaçadores próprios para garantir que tenham cobertura de concreto nas laterais e na parte de trás da caixa, como mostra a Figura 23.

Figura 23 - Caixa lacrada com espaçador próprio



Fonte: Autor.

Para imprimir mais velocidade no andamento da obra, foram utilizados eletrodutos com fiação pronta. Isso diminuiu drasticamente o tempo de instalação e caso o eletroduto fosse esmagado pelo concreto não seria tão crítico, pois a fiação necessária já estaria passada. Porém, vale ressaltar que todos os pontos onde houve contaminação de concreto no sistema elétrico as correções foram feitas. Caso haja uma concentração grande de eletrodutos em determinado espaço da parede, uma segunda camada de tela é colocada para limitar a fissuração no local.

Por seu pequeno diâmetro, a tubulação para a água de condensação do ar condicionado é a única tubulação rígida que fica embutida na parede de concreto. Ela foi fixada na tela por meio de abraçadeiras de nylon respeitando sempre sua locação de acordo com o projeto. A Figura 24 mostra a instalação da tubulação de dreno do ar condicionado.

Figura 24 - Instalação da tubulação do dreno do Ar condicionado



Fonte: Autor.

3.1.3 Posicionamento de fôrmas de paredes e lajes

Com as instalações verticais prontas, foram colocadas as fôrmas na parte interna da parede. A fôrma deve ser previamente limpa e não conter falhas ou empenamentos. Fator muito importante e sempre alertado pelos engenheiros de obra, a utilização de desmoldantes é de extrema importância para ter um bom acabamento do concreto. Na obra em questão, todas as fôrmas foram devidamente limpas e posteriormente recobertas com óleo mineral com ajuda de um rolo de pintor. O uso de óleo mineral ao invés de desmoldantes recomendados pela fabricante de fôrmas é uma escolha equivocada que vai contra a qualidade exigida do sistema construtivo.

As fôrmas devem ser colocadas seguindo rigorosamente o projeto de fôrmas, sendo sua locação correta uma prioridade. A Figura 25 mostra uma fôrma já com sua locação final. Todas as fôrmas foram verificadas quanto ao prumo e quanto a locação em relação ao eixo da parede. As fôrmas foram travadas entre elas utilizando pinos conforme Figura 26 (ou ganchos, quando a colocação de pinos não for possível) e os espaçadores do tipo roseta são colocados nas telas de acordo com os projetos. Nessa etapa, foram colocadas também as fôrmas das lajes com seus devidos escoramentos e travamentos entre elas e as fôrmas das paredes conforme Figura 27.

Figura 25 - Fôrmas internas das paredes com espaçadores posicionados



Fonte: Autor.

Figura 26 - Travamento das fôrmas das paredes por meio de pinos e ganchos



Fonte: Autor.

Figura 27 - Fôrmas de laje devidamente escoradas



Fonte: Autor.

Após conferência de travamento e locação das fôrmas internas, foram inseridos nas fôrmas os dispositivos que permitiram o travamento entre as fôrmas externas e internas chamadas faquetas. As faquetas são hastes de metal que realizam o travamento entre paredes internas e externas, garantindo rigidez para a concretagem. Para que possam ser reaproveitadas, foram utilizados os protetores de faquetas. Esses protetores são cilindros ocos de isopor embebidos em desmoldante. Caso seja necessário, alguns cortes na tela são

realizados para permitir o posicionamento da faqueta. A Figura 28 mostra uma faqueta posicionada já com o protetor de faqueta.

Figura 28 - Faqueta com protetor fazendo o travamento entre fôrmas interna e externa



Fonte: Autor.

Para o posicionamento das aberturas como portas e janelas são feitos cortes na tela para colocação de caixilhos. No caso de janelas, quatro barras de aço 10 mm são instaladas onde seriam as vergas e contravergas (duas na verga e duas na contraverga). Além disso, barras são instaladas nos quatro cantos da abertura (duas barras em cada canto) com inclinação de 45 graus para diminuir a fissuração. Após, foi colocado um quadro metálico para fazer a fôrma da abertura (contra marco) e delimitar a área sem concreto da abertura. Nessa etapa, é muito importante garantir que o quadro suporte o esforço de concretagem e evite deformações nas aberturas, o que dificultará ou não permitirá a instalação de portas e janelas.

Após conferência das instalações, espaçadores e faquetas, as fôrmas das paredes externas foram colocadas. A fixação entre as fôrmas externas é feita da mesma forma que as internas, por meio de pinos e ganchos. Ao realizar o travamento entre as fôrmas externas, nos locais que possuem faquetas o travamento entre fôrmas internas e externas será consolidado (Figura 28). A última etapa do travamento das fôrmas consiste em utilizar cantoneiras metálicas nas fôrmas externas conforme a Figura 29.

Isso fará com os esforços sejam transferidos para a parede toda e não apenas para as fôrmas adjacentes àquela que está recebendo um esforço como, por exemplo, de concretagem. Após esse fechamento, foi realizada a colocação das grades de proteção e

linha de vida no pavimento laje conforme Figura 30. Com a segurança pronta dá-se início a montagem da laje.

Figura 29 - Travamento da parede externa com cantoneiras metálicas



Fonte: Autor.

Figura 30 - Instalação da grade de proteção



Fonte: Autor.

A montagem da laje se inicia fazendo a inspeção das fôrmas das lajes (verificando se estão com desmoldante), da segurança para trabalho em altura e do escoramento das fôrmas. Após a liberação pelo engenheiro da obra, a armadura positiva é colocada. Essa armadura é composta pela mesma tela da parede e é colocada sobre espaçadores do tipo cadeirinha para garantir o cobrimento sob a armadura.

3.1.4 Locação de *shafts* e passagens para tubulação em laje

Para criar *shafts* ou rebaixos na laje (passagem de tubulação de gás, por exemplo), são colocados tubos de PVC fechados e preenchidos com concreto e devidamente travados nos locais indicados pelo projeto. Com essa técnica, após a concretagem e retirada dos tubos de PVC são criados *shafts* e valetas para executar as instalações hidro sanitárias e de gás. As instalações elétricas e de telecomunicação são realizadas utilizando eletrodutos reforçados e caixas próprias para o sistema de parede de concreto (caixas vedadas para evitar entrada de concreto).

As instalações hidráulicas que passam pela laje são feitas com tubos de proteção flexíveis que servem como guia para a passagem da tubulação PEX. Com isso, caso haja a necessidade de reparos futuros na tubulação PEX, o tubo proteção garante que não haja

aderência entre os tubos PEX e o concreto. A Figura 31 mostra uma laje com todas as instalações executadas.

Figura 31 - Pavimento pronto para concretagem



Fonte: Autor.

Com as instalações executadas, é colocada a tela de armadura negativa com um espaçador cadeirinha para garantir o cobrimento superior da laje e, após conferência, o pavimento está liberado para concretagem.

3.1.5 Concretagem do pavimento

Como o próprio nome já revela, o sistema de paredes de concreto depende principalmente da qualidade do concreto e da qualidade de seu lançamento. Essa etapa é extremamente importante e demanda controle de qualidade rigoroso e profissionais capacitados. Erros nessa etapa podem ocasionar falhas gravíssimas que podem inclusive acarretar na demolição das partes concretadas ou até mesmo do pavimento inteiro.

No empreendimento em questão, a concretagem de cada andar foi realizada em duas etapas: primeiramente eram concretados quatro apartamentos, área de elevador e escada e, na segunda etapa, entre dois e três dias após a primeira etapa, os quatro apartamentos restantes. Com isso, criaram-se dois sistemas monolíticos onde entre eles foi criada uma junta de dilatação preenchida com isopor. Para cada andar de concretagem foram necessários 64



m³ de concreto, quantidade suficiente para suprir as necessidades de laje, escadas e paredes de cada andar.

A grande demanda de concreto em um curto prazo de tempo fez com que a empreiteira escolhesse comprar concreto de uma central de concretagem. Como previsto em projeto, o concreto utilizado foi do tipo auto adensável. Mesmo efetuando a compra do CAA usinado, a empreiteira preferiu realizar a dosagem de superplastificante diretamente no caminhão betoneira quando este estivesse no próprio canteiro de obras.

A empresa Supremo forneceu concreto seguindo as especificações solicitadas, que eram, além do traço especificado, resistência característica a compressão $f_{ck} = 30$ MPa e slump 7 ± 2 cm. A empreiteira exigiu também que os caminhões fossem mandados para o canteiro sempre de três em três. Essa exigência foi feita para garantir que nunca houvesse período maior que trinta minutos entre lançamentos de concreto. Isso praticamente eliminou descontinuidades e juntas de concretagem.

Ao receber o concreto, o laboratório Lado 37 realizava os testes requeridos pelas normas vigentes em todos os caminhões betoneira como teste de *slump* pelo abatimento do tronco de cone seguindo a NBR 12655 (ABNT, 2006). O procedimento seguiu os seguintes passos:

- Homogeneização do concreto no caminhão;
- Retirar concreto necessário para encher um carrinho de mão e levar até o laboratório da obra;
- Com a ajuda de uma enxada, era realizada mais uma homogeneização do concreto presente no carrinho de mão;
- Com uma pequena pá, o concreto era vertido no cone para realizar o teste de abatimento de cone e o mesmo era pilado usando uma barra de aço;
- Caso o *slump* esteja dentro do esperado, o laboratorista dava o aval para a colocação do superplastificante;
- Caso o *slump* não estivesse dentro do esperado, o engenheiro era avisado para solucionar o problema.

Com o concreto liberado para a dosagem do superplastificante, um operário despeja a quantidade indicada em projeto dentro do caminhão betoneira. Após homogeneização, o concreto é vertido em um carrinho de mão e é levado novamente para o laboratório do canteiro de obras. Ao chegar ao laboratório, o concreto é novamente homogeneizado com a ajuda de uma enxada e inicia-se o teste de espalhamento.

O teste de espalhamento começa com o laboratorista preenchendo um tronco de cone metálico (que está sobre uma placa plana de aço) com o CAA e levanta rapidamente o tronco de cone. São anotados o diâmetro de abertura do concreto e aspecto geral do concreto. Nessa etapa, é possível verificar se o concreto tem uma boa coesão e fluidez. O concreto deve apresentar um diâmetro de 70 ± 5 mm de abertura e não deve demonstrar problemas de coesão durante a abertura conforme Figura 32. Infelizmente o laboratório não efetua outros testes pedidos como Funil – V, Anel J e Caixa – L conforme a NBR 15823-1. A falta desses testes faz com que o escoamento por superfícies de difícil acesso não seja garantido e nem conhecido.

Figura 32 - Teste de espalhamento do CAA



Fonte: Autor.

Com os testes realizados e aprovados, o laboratorista realiza o preenchimento dos corpos de prova para ensaios futuros e libera o caminhão para a concretagem. Essas etapas de ensaios são necessárias para todos os caminhões betoneira que serão utilizados na concretagem da obra.

O lançamento do CAA foi realizado com o auxílio de uma bomba de lançamento. Por não precisar de vibração para adensamento, são necessárias apenas duas pessoas para direcionar o mangote. Recomenda-se que o lançamento comece por um canto da edificação (encontro entre duas fôrmas) para evitar que todo o esforço de concretagem seja transmitido

apenas para uma fôrma. Na obra em questão, a concretagem se iniciou no centro da edificação, mas obedeceu a recomendação de iniciar o lançamento no encontro de fôrmas conforme Figura 33.

Figura 33 - Início do lançamento do CAA



Fonte: Autor.

3.1.6 Desfôrma

Doze horas após a concretagem o concreto já tem resistência suficiente para se retirar as fôrmas das paredes, deixando apenas as fôrmas de laje. A desfôrma é realizada com auxílio de marretas para retirada dos pinos e travamentos. Caso os protetores de faquetas não saiam, são apenas cortadas as sobras para não ficar aparente. Após cinco dias o concreto já apresenta resistência próxima a 12 MPa e após quatorze dias é possível retirar o escoramento e fôrmas das lajes. Caso a cadência de concretagem não sofra alterações, a cada cinco dias um andar é concretado e já está pronto para receber a carga do próximo andar.

As paredes internas que tinham acabamento cerâmico receberam uma lavagem para retirar o excesso de óleo mineral e depois uma resina sintética de alto desempenho para melhorar a aderência da argamassa na parede de concreto. Em paredes onde não havia



acabamento cerâmico, era feita apenas a aplicação de gesso para acabamento. Nas paredes externas utilizou-se apenas uma pintura texturizada para regularizar a parede.

3.2 DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS ENCONTRADOS NA EXECUÇÃO

Como a NBR 15575 não tem diretrizes de como realizar a execução das paredes de concreto, construtores se voltam às experiências, artigos e relatos de outros profissionais para aprimorarem e aperfeiçoarem a execução de modo a terem no final um produto de qualidade. Durante as visitas à obra abordada nesse trabalho, foi possível acompanhar de perto tanto a execução como analisar o acabamento e problemas encontrados nas paredes de concreto.

Mesmo com bastante conhecimento no sistema construtivo de paredes de concreto, a empreiteira não dispunha de nenhum documento na obra como manuais de boas práticas de execução ou procedimentos a serem seguidos caso algum problema de execução fosse detectado. Ficava a cargo do engenheiro de obra ter conhecimento suficiente para elencar as etapas construtivas, identificar a causa de erros de execução e encontrar medidas corretivas. Isso chamou a atenção pois por se tratar da maior empreiteira do país com inúmeras obras com esse mesmo sistema construtivo a falta de procedimentos e manuais vai contra as premissas de um sistema construtivo com alto grau de industrialização.

Ao percorrer a obra, foi possível identificar alguns problemas nas paredes e lajes de concreto. Aliando conversas com o engenheiro da obra, mestre de obras e conhecimentos oriundos da revisão bibliográfica, foi possível identificar e analisar os principais erros encontrados.

3.2.1 Irregularidade na parede

Por se tratar de um sistema de fôrmas rígido, o fechamento entre fôrmas adjacentes não garante estanqueidade total, podendo parte da nata de concreto vazar criando pequenos sobressaltos na parede. Como as fôrmas utilizadas na obra eram novas, poucas vezes isso ocorreu. Na maioria dos casos, o excesso não era retirado e sim apenas nivelado com gesso. Em poucos casos se fez necessário o lixamento da parede. A Figura 34 mostra uma parede com irregularidades de acabamento e a Figura 35 com a correção em andamento, onde não há mais desníveis nem buracos.

Figura 34 - Irregularidades na parede de concreto



Fonte: Autor.

Figura 35 - Acabamento mais comum encontrado nas paredes de concreto



Fonte: Autor.

Outro problema recorrente foram as aparições de pequenas deformações no concreto criando uma pequena porosidade superficial como mostra a Figura 36. Esse problema foi decorrente de pequenas bolhas de ar que ficaram presas entre o concreto e a fôrma. Uma forma de evitar esse aparecimento é efetuar pequenos golpes com marreta de borracha nos painéis da fôrma durante a concretagem. Como as paredes recebem sempre uma mão de gesso (que era a mesma medida corretiva para esse caso), foi decidido que não haveria necessidade de ter um operário (ou dois) efetuando golpes de marreta nas fôrmas durante a concretagem. Por se tratar de um sistema onde o acabamento e qualidade final da parede são de extrema importância e que ter dois operários auxiliando no adensamento do concreto não alteraria a cadência da obra seria interessante a adoção dessa técnica.

Figura 36 - Porosidade nas paredes de concreto



Fonte: Autor.

Caso a parede apresente alguns erros pouco profundos como buracos ou pequenas falhas de concretagem, a medida corretiva utilizada foi o preenchimento com argamassa C3. Esses erros estavam muito presentes em várias paredes e lajes de andares isolados conforme mostra a Figura 37.

Como durante a concretagem as fôrmas e telas não eram molhadas, algumas partes ficavam com falta de nata de cimento. Ao ser indagado sobre esse erro, o engenheiro da obra disse que pediu para a concreteira uma pequena mudança no traço do concreto para que facilitasse isso. Por ser um sistema construtivo extremamente ágil e rápida, sempre é melhor diminuir etapas que demandem um maior tempo ou maior ciclo de construção. Porém, umedecer as fôrmas e armaduras não geraria um grande atraso e poderia diminuir muito a ocorrência dessas falhas por falta de nata de concreto. Essas falhas geram retrabalhos futuros que podem aumentar o tempo de obra.

Os buracos deixados pelas faquetas também foram fechados utilizando argamassa C3 conforme Figura 38.

Figura 37 - Aparecimento do agregado graúdo na parede de concreto



Fonte: Autor.

Figura 38 - Fechamento das aberturas deixadas pelas faquetas



Fonte: Autor.

Em raros casos, por problemas no lançamento ou por traços mal regulados, alguns problemas de falta de concreto (“bicheiras”) foram encontrados na obra. Esses problemas foram identificados nos primeiros pavimentos devido à falta de correção do traço e de falta de instrução aos operários durante a concretagem. Nesses casos a correção era feita com a aplicação de graute na área afetada. A maioria desses casos ocorreu sob ou ao redor do gabarito conforme Figura 39. Mesmo sendo pequenas áreas e volumes, foi orientada a utilização de graute.

Figura 39 - Pequena bicheira encontrada nos pés das paredes ao redor do gabarito

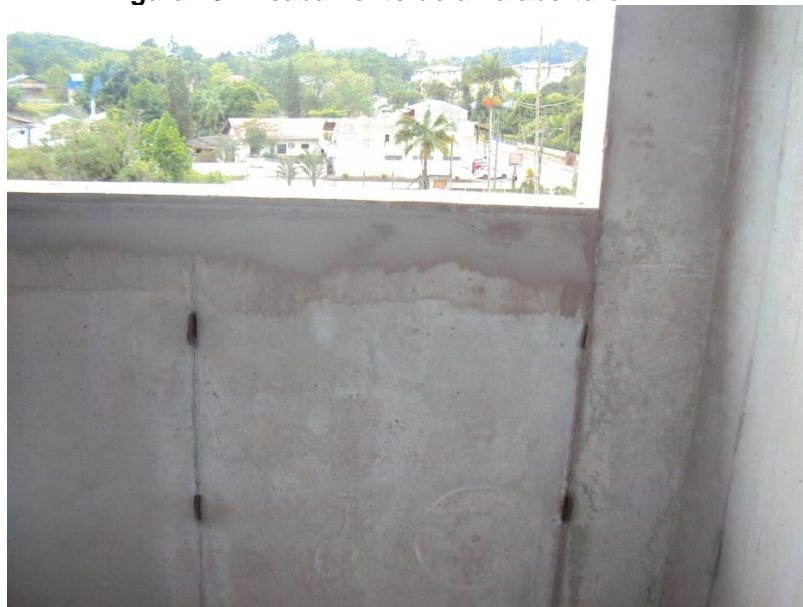


Fonte: Autor.

3.2.2 Trincas em aberturas de janelas

A norma NBR 15575 (ABNT, 2013) informa sobre a necessidade de reforço com barras de aço no perímetro das aberturas. Nessa obra, além desse reforço pedido em norma, barras de aço 10 mm inclinadas a 45° foram colocadas nas quatro quinas das aberturas. Essa ação teve um ótimo resultado, pois não foi identificado nenhum aparecimento de trincas ou rachaduras no entorno da abertura. A Figura 40 mostra uma das aberturas em uma janela do segundo andar com um bom acabamento após o prédio já estar no oitavo pavimento de concretagem.

Figura 40 - Acabamento de uma abertura



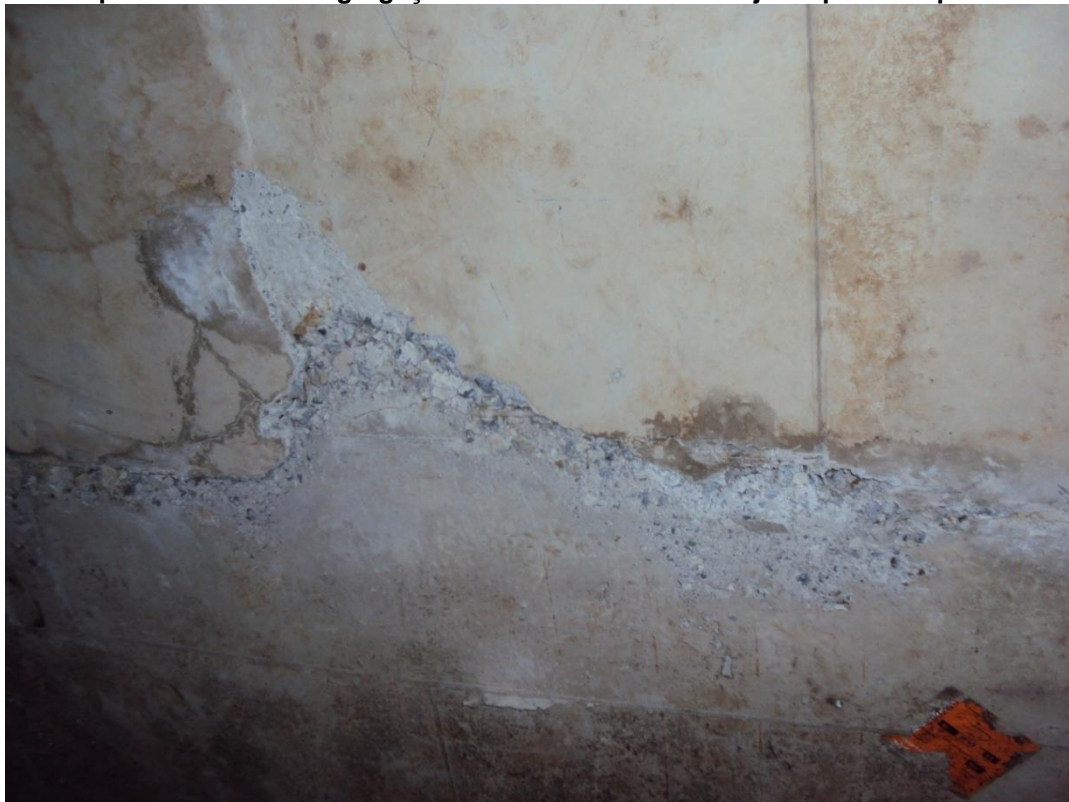
Fonte: Autor.

3.2.3 Segregação do concreto

Na primeira laje ocorreram alguns problemas pontuais onde isso foi constatado. Acredita-se que o *slump* não estava de acordo em um dos caminhões. Conforme foi constatado em obra, em algumas ocasiões ao fazer o teste de espalhamento do CAA o aspecto mostrava falta de coesão. Mesmo assim, se o diâmetro do espalhamento estava dentro dos limites, o lote era liberado. Ao verificar isso, o engenheiro da obra orientou o

laboratorista e os operários auxiliares sobre o problema. Na Figura 41 é possível ver o problema mencionado. A correção foi feita com aplicação da argamassa C3.

Figura 41 - Pequena linha com segregação do concreto em uma laje do primeiro pavimento



Fonte: Autor.

3.2.4 Armadura aparente

Na primeira laje uma pequena parte da armadura ficou exposta conforme identificado em vermelho na Figura 42. Esse problema foi visto apenas em duas lajes da obra. Durante a execução foi possível verificar que todas as lajes possuíam espaçadores nas telas. Porém, durante a concretagem, era possível observar que os operários pisavam em locais onde não havia espaçadores, fazendo com que a tela deformasse. Foi passada a instrução aos operários de concretagem para pisarem apenas nos espaçadores para evitar o problema. Essa instrução fez o efeito esperado e não foi constatado mais problemas com armadura aparente. Como as armaduras ficam expostas no canteiro de obra e não foi realizado nenhuma limpeza prévia, ao começar a concretagem parte da ferrugem era lavada pelo concreto e ocasionava uma colocação diferente do concreto.

Figura 42 - Em vermelho estão destacados os locais com armadura aparente



Fonte: Autor.

3.2.5 Problema de desmoldante

Na obra foi utilizado desmoldante mineral em todos os painéis de fôrma (sejam de parede ou de laje). Em nenhum momento foi visto problema por falta de desmoldante (nata de cimento presa nos painéis metálicos). Em apenas alguns casos foram detectados excesso de desmoldante conforme Figura 43. Ao se detectar, a parede passava por uma lavagem pesada para retirar o excesso de desmoldante e da mancha do concreto.

Figura 43 - Excesso de desmoldante



Fonte: Autor.

3.2.6 Trincas verticais

Os problemas de trincas verticais são vistos com frequência em obras de paredes de concreto. Isso se deve a não utilização de reforço de malha em locais com grande aglomeração de instalações embutidas. Na obra em questão não foi constatada nenhuma trinca vertical proveniente dessa razão, pois os poucos locais com alta concentração de eletrodutos receberam o reforço de malha (segunda tela).

3.2.7 Desalinhamento entre fôrmas adjacentes

Em uma parede do primeiro pavimento um travamento entre fôrmas não foi feito corretamente. Além do problema entre fôrmas adjacentes, a parede em questão estava sem a cantoneira metálica para solidarizarão de todas as fôrmas internas daquela parede, o que contribuiu para aparição do problema. O “esbojamento” da parede foi corrigido com a quebra da protuberância e a correção foi feita com graute para nivelamento da parede ficando a aparência final mostrada na Figura 44. Os operários de fôrmas foram avisados sobre o problema e receberam instruções para quando não for possível realizar o travamento com pinos utilizar ganchos metálicos e reforço com cantoneiras.

Figura 44 - Esbojamento de fôrma já com a correção feita



Fonte: Autor.

3.2.8 Desaprumo

Não foi comunicado nenhum erro de desaprumo de paredes. As precauções foram tomadas para se evitar esse erro como travamento correto entre fôrma externa e interna, conferência de prumo antes da fixação (interna e externa) das fôrmas. Outro fator importante foi a utilização de fôrmas novas onde os painéis estavam planos e os travamentos não apresentavam folgas.

3.2.9 Desalinhamento vertical entre paredes

Foi detectado um desalinhamento vertical entre as paredes do primeiro e segundo pavimento (Figura 45). Mesmo sendo um desalinhamento de perto de 1 cm, a empresa responsável pelo projeto estrutural foi consultada para ter a confirmação de que não traria problemas estruturais. O engenheiro responsável entrou em contato com a fornecedora de fôrmas e responsável pelo projeto de fôrmas (Forsa) e foi passada uma modificação nas formas de fixação e alinhamento externo das fôrmas.

Figura 45 - Desalinhamento vertical entre paredes do primeiro e segundo pavimento



Fonte: Autor.

3.2.10 Junta de concretagem

Poucas juntas de concretagem foram encontradas na obra em questão e, quando encontradas, foram constatadas que não geraram juntas frias, pois estavam completamente solidificadas e coesas. As juntas aconteceram pela demora da chegada dos caminhões betoneira na obra, gerando intervalos de concretagem maiores que 30 minutos. Após a primeira incidência, foi solicitado ao fornecedor de concreto sempre liberar os caminhões betoneira de três em três além de disponibilizar acesso on-line ao GPS dos caminhões. A Figura 46 mostra uma junta de concretagem no segundo andar. Mesmo seguindo as recomendações de liberar três caminhões por vez, um acidente entre automóveis bloqueou a principal via de acesso, forçando os caminhões a fazerem desvios que gerou um atrasado entre concretagens.

Figura 46 - Junta de concretagem no segundo andar



Fonte: Autor.

3.2.11 Entupimento e quebra do sistema elétrico

Mesmo utilizando caixas próprias para o sistema de parede de concreto, muitas tiveram problemas de entupimento conforme mostra a Figura 47. Os principais causadores foram:

- Rompimento de eletrodutos: Embora instruídos para tomarem cuidado, muitos operários pisavam nos eletrodutos durante a execução da instalação e causavam a quebra dos mesmos;
- Mau fechamento das tampas das caixas de passagem de luz: A conferência muitas vezes não era feita, pois, infelizmente, a cadência da obra era muito alta e apressava-se a liberação do pavimento para concretagem. Essa falta de conferência é um erro grave que não pode existir em sistemas industrializados;
- Quebra da tampa das caixas de passagem de luz pelos operários ao não encaixar corretamente na tela. Caso a caixa de luz fique solta, ela pode rotacionar e, ao tentar fechar as fôrmas, ocorria a quebra.

O problema de entupimento do sistema elétrico causa grandes transtornos para a construtora, pois para solucionar se deve abrir a parede, retirar as partes entupidas, refazer a instalação e realizar o fechamento da parede com concreto dos próximos pavimentos ou

graute. Para um sistema que preza alta cadência e alto nível de industrialização, esse tipo de erro não deve ocorrer.

Figura 47 - Entupimento de uma caixa 4x2



Fonte: Autor.

A quebra de eletrodutos (ou má conexão entre eles, quando era o caso) acabou gerando erros peculiares como aparecimento de conduíte exposto na parede finalizada ilustrado na Figura 48. Esse tipo de erro gerou a necessidade de contratação de pessoal a mais para quebra das paredes, troca de eletrodutos, fiação e fechamento das paredes. Por não ser um erro comumente visto em outras obras, o engenheiro da obra não esperava ter que designar pessoal para resolver. As contratações de última hora foram feitas para evitar atraso na entrega final do empreendimento.

Figura 48 - Aparecimento de conduíte exposto nas paredes



Fonte: Autor.

3.2.12 Problemas com locação de caixas 4x2

Erro muito presente na obra, se originou de erros de leitura de projeto (além de falta de conferência final) e má fixação. No caso de erros na fixação, durante a concretagem a caixa de luz ou movimentava lateralmente ou rotacionava. Essa movimentação gerou desalinhamento entre caixas de luz subsequentes como mostra a Figura 49. A má fixação gerou também problemas em que ao fechar as fôrmas os espaçadores das caixas de luz foram quebrados, afundando as caixas nas paredes conforme Figura 50.

Figura 49 - Concreto envelopou por completo caixa 4x2



Fonte: Autor.

Figura 50 - Caixa desalinhada



Fonte: Autor.

3.2.13 Reparos nas instalações da laje

Por se tratar de uma laje onde existem alguns pontos onde ocorreu a sobreposição de eletrodutos, o afloramento devido a má fixação dos mesmos nas telas facilitou a ocorrência de afloramento dos mesmos. Durante a execução foi possível encontrar diversos locais onde isso ocorreu. Infelizmente durante a concretagem não era possível verificar o afloramento, pois o

CAA lançado ainda estava em processo de adensamento. Há a necessidade de uma verificação de toda a laje antes da liberação para a concretagem para que erros como esse não aconteçam.

Os eletrodutos e tubos que afloraram acabaram sendo quebrados decorrentes das movimentações posteriores nos pavimentos conforme Figura 51 e Figura 52. As quebras fizeram com que água e outros elementos entrassem no sistema elétrico, causando danos a fiação já presente e exigindo a troca de todo o sistema. Todos os locais em que o problema foi constatado foram devidamente monitorados para que no futuro sejam feitos os reparos necessários.

Figura 51 - Afloramento e quebra de um eletroduto de laje



Fonte: Autor.

Figura 52 - Afloramento da instalação hidráulica da laje



Fonte: Autor.

3.2.14 Problema de locação de fôrmas

Por ser um sistema que depende muito do correto lançamento e locação das paredes, essas etapas eram observadas e fiscalizadas pelo engenheiro de obra. Mesmo com esse cuidado, em duas ocasiões foi possível encontrar erro de locação de fôrmas. Na Figura 53 é possível verificar que foi utilizada uma fôrma menor do que a que estava em projeto. Como a fôrma era menor, a tela foi entortada e a caixa de luz esmagada para que a fôrma menor fosse instalada. Por ser pequena a diferença entre as fôrmas e, por esse erro não ser relatado ao engenheiro, esse erro só foi visto após a desfôrma. Por ser uma parede estrutural e ter o tamanho menor do que o previsto em projeto, a correção será a quebra e reconstrução da parede no tamanho correto.

Figura 53 - Utilização de fôrma de tamanho incorreto



Fonte: Autor.

No segundo caso, o erro foi mais grave. Uma incompatibilidade de projetos fez com que a empresa responsável pelo projeto de fôrmas designasse fôrmas de alturas incorretas para a área de escada do oitavo pavimento. A altura entre o último lance da escada e a laje superior ficou em 1,70 cm, altura incompatível com a utilização, com o projeto arquitetônico e com o projeto estrutural conforme ilustra a Figura 54. A correção desse pavimento será feita posteriormente com a demolição de parte da estrutura para a realização da nova.

Figura 54 - Incompatibilização de projetos



Fonte: Autor.

3.2.15 Junta de dilatação

Por se tratar de um prédio composto por dois sistemas monolíticos, a junta de dilatação tem que conciliar seu papel estrutural ao seu papel arquitetônico. Na junta de dilatação do sétimo andar da torre um, as fôrmas das paredes do hall ficaram desalinhadas e gerou um degrau entre as paredes mostrado na Figura 55. Por ser uma quina, seria mais fácil realizar a quebra desse excesso para nivelar as paredes do que realizar o aumento de espessura da parede toda. A empresa responsável pelo projeto estrutural foi contatada e foi verificado que essa quebra não alteraria a confiabilidade nem a durabilidade da parede.

Figura 55 - Desnível das paredes da junta de dilatação



Fonte: Autor.

3.3 ANÁLISE CRÍTICA DAS OBRAS VISITADAS

Com o acompanhamento das obras e análises dos erros encontrados ficaram claros que os pontos fortes do sistema podem acabar se tornando pontos problemáticos caso alguns cuidados não sejam tomados. As características essenciais desse sistema construtivo como rapidez, reprodutibilidade e qualidade final devem ser alcançadas de modo que o sistema se perpetue e se mostre competitivo em relação os métodos construtivos convencionais. As análises serão feitas confrontando prós e contras tanto na visão do usuário final como na visão do construtor.

3.3.1 Conforto e facilidade para o morador

Para o usuário final, independente do sistema construtivo utilizado espera-se um ambiente seguro, de fácil uso, manutenção e confortável. O conforto térmico pode ser facilmente alcançado em várias zonas bioclimáticas utilizando a espessura mínima das paredes de concreto conforme simulações mostraram (WENDLER, 2017). As paredes de 10



cm de concreto atendem a essa demanda de conforto com menos espessura do que paredes de alvenaria comum que, além do tijolo, recebem acabamento em argamassa dos dois lados.

Mesmo com boa resistência térmica, de nada adianta ao usuário se cuidados de projeto como a orientação solar, fachadas e esquadrias forem equivocados ou inexistentes. Essas exigências são necessárias para todos os sistemas de vedação, sendo ele de vedação estrutural ou não. Com esses cuidados de projeto atendidos a garantia de um ambiente com conforto térmico utilizando o sistema de paredes de concreto é maior. Porém, testes podem ser feitos após a construção para garantir a eficiência térmica.

Por se tratar de um sistema monolítico, o conforto acústico deve ser estudado cautelosamente. Mesmo se tratando de um sistema com grande massa, o sistema monolítico permite a transmissão de ruídos por vários caminhos ininterruptos. Porém, assim como no sistema de paredes de concreto, o sistema construtivo convencional também precisa de uma série cuidados no projeto para que as exigências da norma de desempenho sejam atendidas.

O uso de manta acústica sob contrapisos flutuantes, esquadrias de qualidade em fachadas e paredes de geminação de dormitórios com tratamento acústico são itens cada vez mais correntes nas obras. No caso do sistema de paredes de concreto, os ruídos de impacto em laje e paredes de geminação de dormitórios são os principais problemas. Projetos de acústica e medições são itens necessários para comprovar a eficiência exigida por norma.

Para que o usuário tenha facilidade no uso o sistema construtivo deve garantir boas condições de estanqueidade e fácil operabilidade dos componentes da casa. As paredes de concreto garantem uma boa estanqueidade e resistência a umidade fazendo com que problemas como eflorescência de sais de tijolos cerâmicos ou problemas com argamassa e reboco sejam inexistentes. Porém, a estanqueidade da parede de concreto depende muitos fatores como traço, cobrimento, qualidade de concretagem e cura.

Um dos problemas para o usuário final é a inviabilidade de remover ou abrir vãos nas paredes de concreto e também na hora de realizar reparos nas instalações. Por se tratar de uma parede de concreto, a quebra é muito mais trabalhosa do que alvenaria comum e requer estudos de engenharia por se tratar de uma parede estrutural. Porém, por ser um sistema onde a maior parte da tubulação hidrossanitária passa por *shafts*, ao se encontrar um vazamento o reparo é feito com muito mais facilidade.



3.3.2 Qualidade

Os principais pilares do sistema de paredes de concreto é a rapidez de execução e a possibilidade de garantir um produto final de qualidade tendo uma boa execução. Por se tratar de um sistema monolítico estrutural, o cuidado com o prumo e paralelismo das paredes de concreto é essencial para garantia que a estrutura corresponda ao projeto. Ao realizar o travamento e conferência de prumo e alinhamento das fôrmas, é possível garantir a qualidade geométrica da parede. No sistema convencional de alvenaria, a qualidade depende das qualidades dos materiais e do zelo das dezenas de funcionários responsáveis por essa função.

Por ser um sistema mais industrializado, tem-se a necessidade de trabalhar com insumos padronizados. Ao trabalhar com materiais industrializados (fôrmas, concreto usinado, telas eletrosoldadas) os fabricantes são obrigados a seguir normas e regras de fabricação que garantem sua qualidade e segurança como materiais. O uso de insumos de qualidade aliado à uma boa execução dá tanto ao construtor como ao usuário final uma maior certeza da qualidade final do produto.

Sistemas construtivos com maior industrialização são um futuro claro e inevitável para uma indústria que ainda contem técnicas arcaicas como a da construção civil. Além de alta produtividade e padronização, a busca por profissionais capacitados, aliados a normas vigentes aumenta significativamente a segurança dentro da obra. Obras de parede de concreto podem ser analisadas como uma indústria de montagem, onde cada operário fica especializado em uma função que consiste em juntar elementos e não em fabricar, como é o caso de uma parede de alvenaria. Isso reduz drasticamente a variabilidade do produto final e garante maior qualidade.

3.3.3 Durabilidade

Um dos principais aliados ao se comparar o sistema de paredes de concreto com o sistema de construção convencional é a durabilidade. A durabilidade da estrutura depende de como os materiais reagem à exposição ao longo dos anos em um determinado ambiente. O concreto tem uma boa resistência às intempéries e, além disso, sempre é projetado de acordo com a classe de agressividade do ambiente. De acordo com a norma de desempenho, a vida



útil de projeto (VUP) mínima para estruturas de concreto deve ser igual ou superior a cinquenta anos (ABNT, 2013).

Ao se realizar um prédio inteiro em concreto armado o cuidado com a qualidade final do concreto deve ser extremo. Traços coerentes com a classe ambiental e com a estrutura, realização dos testes no estado fresco, lançamento e adensamento adequado às características da estrutura além da garantia de um tempo coerente de cura são cruciais para garantir uma boa qualidade e durabilidade final da estrutura. Esses cuidados na execução credenciam para que a estrutura possa atingir uma VUP de no mínimo cinquenta anos. Tendo uma boa dosagem, projeto e execução o concreto pode apresentar uma boa estanqueidade, garantindo uma maior resistência a percolação de água. Problemas causados por infiltração em obras comuns de alvenaria cerâmica geram grandes transtornos e muita manutenção, já no sistema de paredes de concreto esse problema é muito reduzido.

Outro problema constante em obras é o vazamento do sistema hidráulico. A grande maioria de obras executadas pela empreiteira que realizou as obras estudadas nesse trabalho utilizou sistemas PEX. Esse sistema tem a grande vantagem de ter apenas duas ligações entre o *shaft* e o aparelho sanitário. Problemas em emendas de canos são muito reduzidas e, caso ocorram, ficam reduzidas ao *shaft* ou na ligação com o aparelho sanitário. Por isso, o uso do PEX vira um grande aliado para a durabilidade de uma obra.

Outro grande problema comum em prédio de alvenaria é relativo ao reboco das fachadas. Além de contar com a grande variabilidade dos tijolos cerâmicos e traços da argamassa, a realização do acabamento da fachada depende da instrução dada aos operários. Por ser um material com boa resistência as agressões do ambiente, a fachada em paredes de concreto no ambiente onde a obra foi instalada dispensou qualquer necessidade de argamassa, sendo necessário apenas acabamento com pintura. A Figura 56 ilustra uma parede em fase de acabamento e outra já com o acabamento feito.

Figura 56 - Acabamento de paredes internas



Fonte: Elaborada pelo Autor

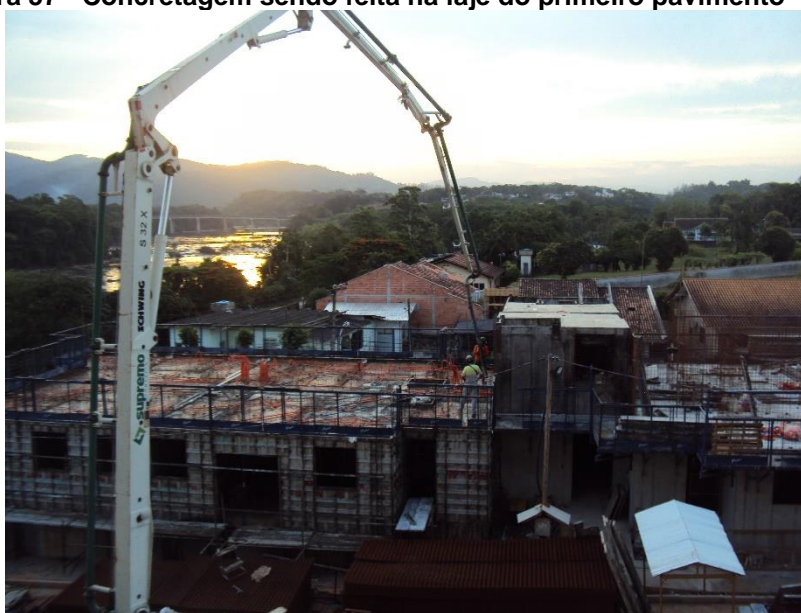
3.3.4 Execução

Um dos fatores principais que atraem construtores para o sistema de paredes de concreto é a rapidez de execução. O sistema de paredes de concreto é um dos mais utilizados no programa Minha Casa, Minha Vida pois consegue garantir todos os requisitos de desempenho exigidos pelo programa em prazos muito menores que outros sistemas construtivos. Essas características somente são alcançadas graças a industrialização e boa execução do sistema construtivo.

As etapas construtivas do sistema de paredes de concreto contam com etapas bem definidas que são executadas sempre pelo mesmo grupo de operários. Como o sistema exige rapidez e conta com etapas com pouca variabilidade, profissionaliza-se o operário para executar apenas algumas etapas. Como os insumos utilizados são padronizados assim como os postos de trabalho, garante-se uma grande reprodutibilidade com baixo índice de erros. Com padronização e industrialização, necessita-se de menos operários para realizar as

operações. A Figura 57 é um exemplo de diminuição de mão de obra, pois na concretagem utilizando CAA apenas dois operários são necessários.

Figura 57 - Concretagem sendo feita na laje do primeiro pavimento



Fonte: Autor.

Porém, mesmo com grande reprodutibilidade e técnicas mais modernas de execução, erros podem ocorrer e, em alguns casos, causar mais transtornos do que em outros sistemas construtivos. Nas obras visitadas os principais erros encontrados foram relacionados com o sistema elétrico, seja com o afloramento dos eletrodutos nas lajes ou por entupimento do sistema elétrico nas paredes. Erros como esses geram grandes transtornos, atrasos e custos adicionais na obra.

Esses erros mencionados anteriormente podem ser facilmente prevenidos tomando cuidados simples no momento da execução. A conferência da locação de caixas do sistema elétrico, verificação de estanqueidade dos eletrodutos, garantia de cobertura correto de concreto e sempre realizar uma vistoria minuciosa antes de liberar o pavimento para concretagem são ações simples que garantem a correta execução. Por mais que o sistema construtivo exija rapidez, a qualidade deve sempre vir primeiro.

Por se tratar de um sistema monolítico de concreto, a atenção a qualidade das fôrmas e ao correto traço do concreto é essencial. Problemas como porosidade no concreto, segregação do concreto ou juntas de concretagem podem ser evitadas ao máximo prestando



atenção em cuidados simples. Ações como traço correto e conferido em todas as concretagens, molhar fôrmas e armaduras antes da concretagem, cuidado entre tempo de concretagens além de fôrmas planas, estanques e com desmoldantes corretos são exemplos de cuidados simples que garantem qualidade final.

No sistema de paredes de concreto, erros de locação ou travamento de fôrmas podem se tornar os principais vilões do sistema. Desalinhamentos ou aberturas de fôrmas são problemas que geram grande demanda de tempo, equipamentos e mão de obra para a correção. Em alguns casos, erros desse nível podem comprometer a estrutura e exigir a sua demolição e reconstrução. Isso ressalta a importância da seriedade e comprometimento que todos (na obra e na construtora) devem ter ao executar essas etapas. É obrigação dos engenheiros lembrar aos operários que a parede é um sistema estrutural e deve ser realizada com o máximo de zelo.

Ao analisar os erros gerados pela má execução das paredes de concreto nas obras visitadas, fica claro que para uma empreiteira se credenciar a utilizar essa técnica construtiva deve primeiro mudar radicalmente a mentalidade de seus empregados. Deve ficar claro que o nível de industrialização exige uma maior atenção aos detalhes, ação essencial à execução correta dessa técnica construtiva. Manuais de execução com etapas e procedimentos devem ser feitos para garantir que a informação esteja sempre ao alcance de todos na obra. Não realizar etapas de vistorias para acelerar a obra é uma das piores ações possíveis, pois o risco de erros é muito alto e o retrabalho muito mais lento e custoso que o sistema de construção comum por tijolos cerâmicos.

3.3.5 Canteiro de obra

Ao analisar um canteiro de obra que usa o sistema de paredes de concreto a limpeza, organização e segurança chamam a atenção dos observadores. O sistema convencional de construção por alvenaria é conhecido por gerar muitos resíduos (resto de argamassa de assentamento, quebras de tijolos, pregos, arames) e sujeira. Essa geração de resíduos traz além de perigo para os operários etapas extras de limpeza, separação e acomodação desses resíduos.

A organização do canteiro de obra deve ser compatível com o nível de industrialização e rapidez que o sistema de paredes de concreto exige. A presença de sistemas para içar como caminhão muque ou guias é essencial para o deslocamento das fôrmas e telas entre



os andares. Mesmo no caso de fôrmas leves como as de alumínio a presença de sistemas de içamento ajudam a acelerar o processo de transporte. Além disso, o canteiro deve estar sempre com caminhos abertos para o deslocamento (constante) de caminhões betoneira e lanças.

Por ser um sistema construtivo industrializado, o canteiro não precisa contar com grandes espaços de armazenamento. Como as fôrmas estão sempre ou em utilização ou sendo deslocadas de um andar para o outro não há necessidade de armazenamento para as mesmas. Ao não serem mais necessárias, as fôrmas são colocadas em um caminhão e seguem para um galpão ou para a próxima obra. Para também facilitar tanto o projeto como execução, é comum se utilizar apenas um tipo de tela no sistema parede de concreto. As telas podem ser facilmente empilhadas e, por sofrerem poucas transformações do recebimento até a colocação final, podem ser pedidas quantidades semanais durante a obra.

Armazenamentos comuns como grandes quantidades de cimento e areia, centrais de argamassa, tijolos, inúmeras barras de várias bitolas de aço, madeira e carpintaria são desnecessários no sistema de paredes de concreto. Isso além de diminuir a quantidade de postos de trabalho facilita tanto o controle do almoxarifado como o setor de compras. Isso faz com que o canteiro de obra possa ser mais organizado e claro para todos que ali trabalham.

Por ser um sistema autoportante, a locação e o projeto de fôrmas são extremamente importantes. Como o sistema de proteção é incorporado ao projeto de fôrmas ele é sempre executado de acordo com o projeto como um requisito básico e indispensável. Além disso, o fato de guarda corpo ser também em formas metálicas facilita e agiliza a montagem, se tornando um processo rápido e rotineiro, garantindo sempre um alto nível de segurança em altura. A Figura 58 ilustra a compatibilização das fôrmas com o guarda corpo.

Figura 58 - Ligação de fôrma e guarda corpo



Fonte: Autor.



4 CONCLUSÃO

Mesmo não sendo o sistema mais utilizado e nem o mais preterido por muitos arquitetos e engenheiros, o sistema de construção por paredes de concreto vem se mostrando um sistema extremamente tecnológico e industrial, fatores que estão comumente excluídos dos sistemas tradicionais de construção. A engenharia civil sempre foi cravada como um ramo da indústria com baixa industrialização e nível tecnológico, fatores que agregam para baixos índices de produtividade, qualidade e reprodutibilidade.

Conhecendo as vantagens e limitações desse sistema construtivo, principalmente por suas dimensões e padronizações de obras, a sua utilidade para construção de grandes conjuntos habitacionais em curto prazo com fidelidade à reprodutibilidade é indiscutível. O sistema exige mão de obra e execução qualificada para que se consiga atender aos requisitos estipulados pelos vários parâmetros de qualidade impostos, principalmente, pelo programa Minha Casa, Minha Vida. Ao se qualificar a mão de obra, o canteiro de obra como um todo fica mais seguro, ágil e padronizado, garantindo que a obra transcorra da melhor forma possível.

É perceptível que essa demanda por qualidade na execução em curtos prazos faz com que o sistema esteja em constante evolução e industrialização para garantir sempre o atendimento a esses requisitos. Fôrmas cada vez melhores e com maior reprodutibilidade, componentes de instalações hidráulicas e elétricas cada vez mais confiáveis e sistemas de concretagens ágeis e enxutos garantem cada vez mais rapidez e confiabilidade para o sistema de paredes de concreto.

Como em qualquer sistema industrial, mesmo com procedimentos claros e vistoriados falhas e erros acontecem. Porém, no caso do sistema de paredes de concreto erros geram retrabalhos longos e que demandam mais equipamentos e pessoas ao comparar com sistemas construtivos convencionais. A melhoria em processos e procedimentos deve ser constante para que reduzir o índice de retrabalhos de forma a garantir cada vez mais qualidade e confiabilidade para o sistema.

Os erros de execução que foram constatados nas obras visitadas foram em grande parte decorrentes da junção de erros simples como caixas do sistema elétrico mal fixadas e falta de vistorias. É um erro acelerar processos de vistoria e checagem para manter a cadência da obra. Isso se mostrou um grande entrave quando vistorias para acabamento da obra foram feitas. O sistema de concreto precisa de uma cadência alta de obra para não ter custos com



fôrmas paradas, mas deve constar no cronograma um período de vistoria adequado ao final de cada etapa chave como colocação de telas, instalações e fôrmas. A falta de manuais com etapas e procedimentos de execução no canteiro de obra é um erro grave, pois isso dificulta a garantia de reprodutibilidade e depende inteiramente do aval do engenheiro.

Um dos grandes problemas de muitas obras no Brasil é o tempo de obra elevado. Ruídos, trânsito de máquinas, poluição, sujeira são exemplos dos incômodos gerados por uma obra que são sentidos por inúmeras pessoas afetadas e que não desfrutarão da obra. Aliado a esses transtornos, tempos longos de obra significam maior demora para capitalizar e receber os lucros com a venda dos imóveis. Em apenas 365 dias executar movimentação de terra, terraplenagem, fundação, superestrutura e acabamento de 128 apartamentos demonstra a capacidade do sistema construtivo de paredes de concreto.

Existe uma procura para realização de residências com paredes de concreto mesmo que isso resulte em um custo maior. Curto prazo de obra e garantia de projeto final se sobrepõem ao custo e a dificuldade de mudanças futuras no layout. A constante evolução de fôrmas e a procura cada vez maior por concretos usinados impulsionam o sistema de paredes de concreto para ter cada vez mais qualidade e competitividade. A maior procura por esses insumos impulsiona cada vez mais empresas para esse mercado trazendo preços e produtos mais atrativos.

Mesmo com grandes vantagens construtivas, o sistema de paredes de concreto não abrange todos os nichos do mercado imobiliário. Por se tratar de um sistema padronizado, fica inviável utilizar esse sistema em imóveis onde cada morador pode customizar o layout de seu imóvel. Ambientes comerciais com conceitos de plantas abertas e salas moduláveis também são exemplos de empreendimentos que não são passíveis da utilização do sistema de paredes de concreto.

Por fim, fica claro que, mesmo sendo um sistema pouco utilizado em comparação a outros convencionais, ele traz consigo uma carga muito importante de estudos e debates. Importância de projetos compatibilizados, planejamentos consistentes e reprodutibilidade das construções são exemplos dos pilares do sistema. A engenharia civil sempre foi um dos principais pilares da economia durante as décadas e, para que isso continue nunca se fez tão necessário o cuidado com a industrialização e evolução das práticas construtivas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, Luiz Guilherme. **Como o PBQP-H pode te ajudar no Minha Casa minha vida**. 2018. Disponível em: <<https://www.consultoriaiso.org/como-o-pbqp-h-pode-te-ajudar-no-minha-casa-minha-vida/>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

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 11768**: Aditivos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: Execução de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-1**: Concreto Autoadensável. Parte 1 – Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro, 2017.

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.

BATTAGIN, Inês Laranjeira da Silva. **Avanços e Inovações na Normalização Técnica de Concreto**. 2012. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/331/anexo/cb18271112.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

BLANCO, Mirian. Conheça detalhes da aprovação de empreendimentos no “Minha Casa, Minha Vida”. E veja as plantas. **Construção Mercado**, São Paulo: Pini, v. 95, não paginado, jun. 2009. Disponível em: <<http://construcomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/95/mercado-imobiliario-elas-sairam-na-frente-281835-1.aspx>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

BOAS, Bruno Villas; CONCEIÇÃO, Ana. **Déficit de moradias no país já chega a 7,7 milhões**. 2018. Disponível em: <<https://www.valor.com.br/brasil/5498629/deficit-de-moradias-no-pais-ja-chega-77-milhoes>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

CAIXA. **Cartilha Minha Casa Minha Vida**. Disponível em: <<http://www.ademi.org.br/docs/CartilhaCaixa.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2019.

CONCRETO, Núcleo Parede de (Comp.). **A IMPORTÂNCIA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS-HIDRO SANITÁRIAS PARA O SISTEMA PAREDE DE CONCRETO**. 2018.



Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/cms/wp-content/uploads/2018/04/Instalacoes-eletricas-hidrossanitarias.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

CONCRETO, Núcleo Parede de (Comp.). **Boas Práticas: Estanqueidade nos Caixilhos de Alumínio.** 2018. Disponível em: <http://nucleoparededeconcreto.com.br/boas_praticas>. Acesso em: 10 fev. 2019.

CONSTRUÇÃO, Comunidade da (Ed.). **Parede de Concreto: Vantagens.** 2007. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/vantagens/viabilidade/20/vantagens.html>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

CONSTRUÇÃO, Comunidade da. **Parede de Concreto: Fôrmas.** 2007. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/formas/execucao/31/formas.html>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

CONSTRUÇÃO, Comunidade da. **Parede de Concreto: Instalações.** 2007. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/instalacoes/execucao/34/instalacoes.html>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

ECONÔMICO, Brasil. **51% dos imóveis lançados no terceiro trimestre são da Minha Casa, Minha Vida.** 2018. Disponível em: <<https://economia.ig.com.br/2018-11-27/minha-casa-minha-vida-terceiro-trimestre.html>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

FERTEL. **Tela Soldada.** Disponível em: <<http://www.fertel.com.br/produtos/construcao-civil/tela-soldada/>>. Acesso em: 13 maio 2019.

FRAGA, Thiago. **Instalação de esquadrias em parede de concreto.** Disponível em: <<https://www.sh.com.br/instalacao-de-esquadrias-em-parede-de-concreto/>>. Acesso em: 13 maio 2019.

HABITAÇÃO, Secretaria Nacional de. **Diretriz para avaliação técnica de paredes estruturais de concreto moldadas no local.** 2017. Disponível em: <<http://pbqp-h.cidades.gov.br/download.php?doc=2c77a553-9a0e-4189-957d-a2e7b99b613f&ext=.pdf&cd=1144>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

IBGE. **Indicadores IBGE.** 2018. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/...Indicadores_I_>. Acesso em: 13 maio 2019

IBTS. **Vantagens Técnicas.** Disponível em: <http://www.ibts.org.br/telas_vantagens.asp>. Acesso em: 13 maio 2019.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. Paredes de concreto. **Téchne**, São Paulo: Pini, v. 147, não paginado, jun. 2009. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/147/artigo285766-2.aspx>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

OGGI, Francisco Pedro. Industrialização essencial. [Entrevista concedida a] Bruno Loturco. **Pini**, São Paulo, v. 137, não paginado, ago. 2008. Disponível em:



<<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/137/industrializacao-essencial-sem-alterar-a-forma-de-concepcao-do-287571-1.aspx>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

PIERRARD, Juan Frias; AKKERMAN, Davi. **Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho**. 2. ed. São Paulo: Proacústica, 2015. 30 p. Disponível em: <<http://www.proacustica.org.br/publicacoes/manuais-tecnicos-sobre-acustica/manual-proacustica-sobre-a-norma-de-desempenho.html>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

PINHEIRO, Fundação João. **DÉFICIT HABITACIONAL NO BRASIL 2009**. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cei/deficit-habitacional/185-deficit-habitacional-2009/file>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

PINI (Ed.). Parede de concreto X alvenaria de blocos cerâmicos: Industrialização com fôrmas de alumínio conferiu agilidade às obras da Bairro Novo e ajudou a reduzir a carência de mão de obra. **Construção Mercado**, São Paulo, v. 108, p.2-3, jul. 2010. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/108/parede-de-concreto-x-alvenaria-de-blocos-ceramicos-industrializacao-299406-1.aspx>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

REPETTE, Wellington Longuini. Concreto auto-adensável - características e aplicação. **Téchne**, São Paulo: Pini, v. 135, Não paginado, jun. 2008. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/135/concreto-auto-adensavel-caracteristicas-e-aplicacao-285721-1.aspx>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

SANTOS, Vinícius Farias. Paredes de concreto com formas metálicas. **Téchne**, São Paulo: Pini, v. 169, Não paginado, abril. 2011. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/169/paredes-de-concreto-com-formas-metalicas-286819-1.aspx>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

SANTOS, Altair. **Gerenciamento de betoneira reduz perda de materiais**. 2014. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/gerenciamento-de-caminhao-betoneira-reduz-perda-de-materiais>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

TOCHA, Ricardo. **GERIC: processo de análise de risco da Caixa**. 2015. Disponível em: <<https://certificacaoiso.com.br/geric-processo-de-analise-de-risco-da-caixa/>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

WENDLER, Arnoldo. **Desempenho das Paredes de Concreto – Atendimento à NBR 15.575**. 2017. Disponível em: <<https://www.blogdaliga.com.br/desempenho-das-paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

WENDLER, Arnoldo; MONGE, Rubens. **11 mandamentos para evitar patologias em Paredes de Concreto**. 2018. Disponível em: <<https://www.blogdaliga.com.br/11-mandamentos-para-evitar-patologias-em-paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 10 fev. 2019.