

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS GOIÂNIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RICARDO RODRIGUES BARBOSA JUNIOR

**SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADO IN LOCO
APLICADO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DE CASO
NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA**

Goiânia, GO
2019

RICARDO RODRIGUES BARBOSA JUNIOR

**SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADO IN LOCO
APLICADO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DE CASO
NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA**

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à Coordenação do curso de
engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás,
como parte dos requisitos necessários para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.**

**Orientador: Prof. Dr. Paulo Francinete
Silva Junior**

**Goiânia, GO
2019**

B2345s Barbosa Junior, Ricardo Rodrigues.

Sistema construtivo de paredes de concreto moldado in loco aplicado em habitação de interesse social: estudo de caso na região metropolitana de Goiânia / Ricardo Rodrigues Barbosa Junior – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2019.

160 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Francinete Silva Junior.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Alisson de Sousa Belthodo Santos CRB1/ 2.266

Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Ricardo Rodrigues Barbosa Junior

Matrícula: 20131011050220

Título do Trabalho: Sistema Construtivo de Parede de Concreto Moldado In Loco Aplicado em Habitação de Interesse Social: Estudo de Caso na Região Metropolitana de Goiânia.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no ReDi/IFG: 10 / 07 / 2019

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 28/06/2019
Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

**SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADO IN
LOCO APLICADO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DE CASO
NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de Engenharia
Civil, do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus
Goiânia, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil**

Aprovado em 13 de junho de 2019:



Paulo Francinete Silva Junior, Dr. (IFG)
(Orientador)



Liana de Lucca Jardim Borges, Dr. (IFG)



Fábio Souza, Dr. (IFG)

DEDICATÓRIA

*A minha família, em especial a meu pai
e a minha mãe, a minha namorada e a todos
meus amigos.*

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho ocorreu, principalmente, pelo auxílio, compreensão e dedicação de várias pessoas. Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste estudo e, de uma maneira especial, agradeço:

- ao meu orientador Paulo Francinete, pela confiança depositada, e pela orientação;*
- aos professores do curso de Bacharelado em Engenharia Civil do IFG, em especial ao professor Glydson, por todo o conhecimento agregado a ser utilizado na elaboração deste trabalho;*
- aos meus colegas de curso, em especial a André, Gabriel, Bruno, Marcio e Matheus, por toda a troca de conhecimentos e experiências acumulada nesses longos anos de academia;*
- à equipe do Residencial Porto Dourado, em especial a Jader Rios, por sempre me a ajudarem no âmbito profissional e acadêmico, fornecendo todo apoio técnico e científico para elaboração deste trabalho;*
- aos meus pais, Ricardo e Sandra, por sempre me apoiarem nessa jornada;*
- à minha irmã, Iasmin, por me ajudar na elaboração e escrita deste trabalho;*
- à minha namorada Mariana Martins, por me ajudar a manter forças para superar os obstáculos encontrados durante todo o trabalho. Obrigado pela paciência, pelo sorriso, pelo abraço, pela mão que sempre se estendia quando eu precisava.*

EPÍGRAFE

*“Emancipate yourselves from mental
slavery. None but ourselves can free our
minds.”*

(Bob Marley)

RESUMO

SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADO IN LOCO APLICADO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO DE CASO NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA

AUTOR: RICARDO RODRIGUES BARBOSA JUNIOR

ORIENTADOR: PAULO FRANCINETE SILVA JUNIOR

O mercado da construção civil exige que as obras sejam executadas em um pequeno prazo, mas que isso não resulte na perda de qualidade. Assim, os processos de edificações precisam incorporar mecanismos para a garantia de obras com baixo custo de execução e manutenção e, ao mesmo tempo que sejam sustentáveis. Devido a isso, é importante que se escolha métodos de construção modernos, baratos e que agredam minimamente o meio ambiente. Por esses aspectos apresentados é imprescindível que se compreenda mais sobre o sistema de construção de concreto armado. Logo, uma análise minuciosa dos pontos positivos e negativos é realizada nesse trabalho para destacar os benefícios do sistema Paredes de Concreto moldadas in loco. Como também é esclarecido a importância de planejar e acompanhar a execução das estruturas de concreto armado, a fim de se atingir as finalidades citadas. Esse trabalho objetiva a análise de atividades que envolvem a execução do sistema Paredes de Concreto, aborda os prós e contras desse procedimento e, por meio dessa investigação, propôs melhorias na aplicação da técnica. Por fim, vale ressaltar que foi realizado o levantamento de dados de controle tecnológico e de qualidade para fundamento teórico do trabalho, além do acompanhamento na aplicação do sistema em uma obra de Goiânia, visando demonstrar na prática a funcionalidade desse processo construtivo.

Palavras Chaves: Parede de Concreto. Sistema Construtivo. Concreto Armado.

ABSTRACT

CONSTRUCTIVE SYSTEM OF CONCRETE WALLS MOLDED IN LOCO APPLIED IN SOCIAL HABITATION: CASE STUDY IN THE METROPOLITAN REGION OF GOIÂNIA

AUTHOR: RICARDO RODRIGUES BARBOSA JUNIOR

ADVISOR: PAULO FRANCINETE SILVA JUNIOR

The construction market requires that the works be executed in a short time, but that this does not result in the loss of quality. Therefore, building processes need to incorporate mechanisms to guarantee works with low execution and maintenance costs, and at the same moment that it is sustainable. So, it is important to choose modern, cheap and environmentally friendly construction methods. For these aspects presented it is imperative that one understands more about the system of construction of reinforced concrete. Therefore, a thorough analysis of the positives and negatives is done in this work to highlight the benefits of the Molded Concrete Wall system in loco. It also clarifies the importance of planning and monitoring the execution of reinforced concrete structures in order to achieve the aforementioned objectives. This work was based on the analysis of activities that involve the execution of the Concrete Walls system, in order to understand the pros and cons of this procedure and, through this investigation, propose improvements in the application of the technique. Finally, it is worth mentioning that data collection of technological and quality control was carried out for the theoretical basis of the work, as well as monitoring the application of the system in Goiânia, aiming to demonstrate in practice the functionality of this constructive process.

Keywords: Concrete Wall. Building System. Reinforced Concrete.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.2.1 – Vista aérea de obra de Paredes de Concreto	22
Figura 2.3.2.1 – Simetria em projeto	30
Figura 2.3.2.2 – Uso de paredes alinhadas	31
Figura 2.3.2.3 – Instalações elétricas e hidrossanitárias	32
Figura 2.4.1 – Execução da armação do radier	35
Figura 2.4.2 – Cura úmida em radier	35
Figura 2.4.3 – Lastro de brita para regularização do solo	36
Figura 2.4.4 – Lastro de brita coberto por lona	36
Figura 2.5.1 – Armação de parede.....	37
Figura 2.5.1.1 – Telas sobre paletes	39
Figura 2.5.3.1 – Armadura após dobra	40
Figura 2.5.4.1 – Armaduras positiva e negativa de laje.....	41
Figura 2.5.4.2 – Espaçadores em armação de parede	42
Figura 2.5.6.1 – Reforço da armadura em janela.....	43
Figura 2.5.7.1 – Instalações elétricas em parede	44
Figura 2.6.1.1 – Fôrma de plástico	47
Figura 2.6.1.2 – Fôrma de alumínio	48
Figura 2.6.1.3 – Fôrma metálica em contato com compensado	49
Figura 2.6.3.1 – Nivelamento piso radier	51
Figura 2.6.3.2 – Marcação das linhas de parede no piso de apoio.....	51
Figura 2.6.3.3 – Montagem de armadura e rede elétrica	52
Figura 2.6.3.4 – Montagem de painéis	52
Figura 2.6.3.5 – Fechamento da fôrma de parede.....	53
Figura 2.6.4.1 – Pinos	54
Figura 2.6.4.2 – Cunha	54
Figura 2.6.4.3 – Gravata	55
Figura 2.6.4.4 – Conjunto gravata, pino e cunha.....	55
Figura 2.6.4.5 – Saco EP	56
Figura 2.6.4.6 – Escoras	56
Figura 2.6.4.7 – Cantonera	57

Figura 2.6.4.8 – Alinhador.....	57
Figura 2.6.4.9 – Tensor em porta.....	58
Figura 2.8.1.1 – Modelo Liberação de Concreto	64
Figura 2.8.2.1 – Tolerâncias para comprimento das paredes.....	65
Figura 2.8.2.2 – Tolerâncias para desalinhamento horizontal das paredes	66
Figura 2.8.2.3 – Tolerâncias para desalinhamento vertical das paredes.....	66
Figura 2.8.5.1 – Esquema de escolha dos pontos de concretagem	69
Figura 2.8.7.1 – Acabamento de laje	71
Figura 2.8.8.1.1 – Passo a passo Slump.....	72
Figura 2.8.8.1.2 – Teste de Slump Flow.....	73
Figura 2.8.8.1.3 – Medição do espalhamento do concreto	73
Figura 2.8.8.1.4 – Modelo de planilha para rastreabilidade	75
Figura 2.8.8.1.5 – Modelo de rastreabilidade para parede	76
Figura 2.8.8.1.6 – Modelo de rastreabilidade para laje	77
Figura 2.8.8.1.7 – Modelo de rastreabilidade para platibanda.....	78
Figura 2.8.8.2.1 – Corpo de prova antes do rompimento	79
Figura 2.8.8.2.2 – Corpo de prova após o rompimento	79
Figura 2.9.1 – Fissura em parede	83
Figura 2.9.2 – Trinca em piso	83
Figura 2.9.3 – Vazio de concretagem abaixo da abertura de uma janela	84
Figura 2.9.4 – Armadura exposta em piso	85
Figura 2.9.5 – Junta fria de concretagem em parede	86
Figura 2.9.6 – Exsudação do concreto	87
Figura 3.2.1 – Empreendimento do Estudo de Caso	88
Figura 3.3.1 – Itens de Inspeção das Fichas de Verificação	92
Figura 3.4.1 – Bloco 2	93
Figura 4.1.1 – Dia 00 (Nivelamento da Superfície)	96
Figura 4.1.2 – Dia 01 (Armação de Parede)	96
Figura 4.1.3 – Dia 02 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)	97
Figura 4.1.4 – Dia 03 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)	97
Figura 4.1.5 – Dia 04 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)	98
Figura 4.1.6 – Dia 05 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)	98
Figura 4.1.7 – Dia 06 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)	99
Figura 4.1.8 – Dia 07 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)	99

Figura 4.1.9 – Dia 08 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)	100
Figura 4.1.10 – Dia 09 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)	100
Figura 4.1.11 – Dia 10 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)	101
Figura 4.1.12 – Dia 11 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)	101
Figura 4.1.13 – Dia 12 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)	102
Figura 4.2.1.1 – Marcação de parede	103
Figura 4.2.1.2 – Perfuração da laje para fixação dos arranques	103
Figura 4.2.1.3 – Fixação dos arranques	104
Figura 4.2.1.4 – Fixação dos espaçadores (Ø9,5cm).....	104
Figura 4.2.1.5 – Transporte de telas da armadura da parede	105
Figura 4.2.1.6 – Amarração da tela da armadura de parede	106
Figura 4.2.1.7 – Instalação dos espaçadores de parede	107
Figura 4.2.1.8 – Reforço e corte da armadura de reforço de janelas e portas	107
Figura 4.2.1.9 – Instalação do kit elétrico	108
Figura 4.2.2.1 – Transporte de peças	109
Figura 4.2.2.2 – Aplicação do desmoldante nos painéis.....	110
Figura 4.2.2.3 – Montagem dos painéis.....	110
Figura 4.2.2.4 – Travamento da fôrma	111
Figura 4.2.2.5 – Locação dos gabaritos	111
Figura 4.2.2.6 – Canto/Laje	112
Figura 4.2.2.7 – Painéis da laje.....	113
Figura 4.2.2.8 – Travamento da escada	114
Figura 4.2.2.9 – Tensor	115
Figura 4.2.2.10 – Esquadro	115
Figura 4.2.2.11 – Escoramento	116
Figura 4.2.2.12 – Ciclo Externo.....	117
Figura 4.2.2.13 – Kit de Segurança	117
Figura 4.2.3.1 – Guarda-Corpo.....	118
Figura 4.2.3.2 – Espaçadores centopeia para suporte da armadura positiva	118
Figura 4.2.3.3 – Montagem da armação positiva.....	119
Figura 4.2.3.4 – Montagem da armação negativa.....	120
Figura 4.2.3.5 – Eletrodutos da laje.....	120
Figura 4.2.3.6 – Shafts Hidráulicos	121
Figura 4.2.4.1 – Formulário de Liberação de Concreto.....	122

Figura 4.2.4.2 – Recebimento do Concreto	123
Figura 4.2.4.3 – Teste de Slump/Flow.....	123
Figura 4.2.4.4 – Concretagem das paredes	124
Figura 4.2.4.5 – Concretagem da laje	125
Figura 4.2.4.6 – Mapa do concreto de parede.....	126
Figura 4.2.4.7 – Mapa do concreto de laje	126
Figura 4.2.4.8 – Rastreabilidade do Concreto	127
Figura 4.3.1 – Resultados <i>flow test</i>	129
Figura 4.3.2 – Resultados de resistência à compressão com 12 horas	129
Figura 4.3.3 – Resultados de resistência à compressão com 28 dias	130
Figura 4.3.4 – Resultados das contraprovas abaixo de 25,0MPa	130
Figura 4.3.5 – Curva Normal para ensaios de resistência à compressão do concreto	130
Figura 4.4.1.1 – Fissura à 45° em janela.....	131
Figura 4.4.1.2 – Fissura à 90° em porta	132
Figura 4.4.1.3 – Posicionamento dos espaçadores	133
Figura 4.4.2.1 – Caixa de embutir concretada	134
Figura 4.4.2.2 – Quadro de distribuição concretado	135
Figura 4.4.2.3 – Caixa de embutir “torcida”	135
Figura 4.4.2.4 – Eletroduto aparente	136
Figura 4.4.2.5 – Trinca abaixo do quadro de distribuição	137
Figura 4.4.3.1 – Aplicação em excesso de desmoldante	138
Figura 4.4.3.2 – Parede desnivelada	139
Figura 4.4.4.1 – Armadura exposta	141
Figura 4.4.5.1 – Contramarco danificado	142
Figura 4.4.5.2 – Bolhas na superfície do concreto	143
Figura 4.4.5.3 – Junta Fria	144
Figura 4.4.5.4 – Nicho de Concretagem	145

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.2.1 – Vantagens e desvantagens	24
Quadro 2.3.2.1 – Recomendações de projeto	28
Quadro 2.6.1.1 – Comparativo entre os tipos de fôrma	49
Quadro 2.7.1 – Tipos de concreto utilizados em Parede de Concreto	59
Quadro 2.8.1.1 – Tolerâncias dimensionais para as seções transversais	62
Quadro 4.5.3.1 – Tolerâncias para Verificação dos Serviços	148
Quadro 4.5.4.1 – Origem, Causa, Medidas Preventivas e Medidas Corretivas.....	149

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso;

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland;

ASTM – American Society for Testing Materials;

CAA – Concreto autoadensável;

EN – European Standards;

ISO – International Organization for Standardization;

SINAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas;

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção;

COHAB – Companhia de Habitações;

f_{ck} – Resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias;

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	JUSTIFICATIVA	20
1.2	OBJETIVOS.....	20
1.2.1	Objetivo Geral	20
1.2.2	Objetivos Específicos	20
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1	SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO	21
2.2	VANTAGENS E DESVANTAGENS	22
2.3	PROJETO.....	25
2.3.1	Projeto – ABNT NBR 16055	25
2.3.2	Principais Variáveis de Projeto	27
2.4	FUNDAÇÃO.....	34
2.5	ARMADURAS	37
2.5.1	Recebimento e armazenamento do aço	38
2.5.2	Corte	39
2.5.3	Dobras	40
2.5.4	Montagem e posicionamento das armaduras	41
2.5.5	Ancoragem.....	43
2.5.6	Montagem das armaduras de reforço	43
2.5.7	Montagem das instalações	44
2.6	FÔRMAS	45
2.6.1	Tipos de fôrmas	46
2.6.2	Montagem de contramarcos.....	50
2.6.3	Montagem e desmontagem da fôrma	51

2.6.4	Travamento e escoramento das fôrmas	53
2.7	CONCRETO	58
2.7.1	Concreto Celular	59
2.7.2	Concreto com elevado teor de ar incorporado	59
2.7.3	Concreto com agregados leves	60
2.7.4	Concreto convencional ou autoadensável	60
2.8	CONCRETAGEM	62
2.8.1	Cuidados preliminares.....	62
2.8.2	Tolerância	65
2.8.3	Preparo.....	67
2.8.4	Transporte	67
2.8.5	Lançamento	68
2.8.6	Adensamento	70
2.8.7	Acabamento	70
2.8.8	Controle Tecnológico	71
2.8.9	Cura.....	80
2.8.10	Não Conformidade	80
2.9	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	81
3	METODOLOGIA	87
3.1	ESCOLHA DO EMPREENDIMENTO	87
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	87
3.3	PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO E INSPEÇÃO DE SERVIÇOS	88
3.4	COLETA DE DADOS NO CANTEIRO	93
3.5	ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS	94
3.6	PROPOSTAS DE MELHORIAS	95
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	95

4.1	EVOLUÇÃO DA EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS EM PAREDE DE CONCRETO	95
4.2	EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS EM PAREDE DE CONCRETO ...	102
4.2.1	Montagem da Armação de Parede	102
4.2.2	Montagem da Fôrma	109
4.2.3	Montagem do Armação de Laje	118
4.2.4	Concretagem.....	121
4.3	CONFORMIDADES E NÃO CONFORMIDADES	127
4.4	FALHAS DURANTE A EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS.....	131
4.4.1	Armação de Parede	131
4.4.2	Instalações.....	133
4.4.3	Montagem de fôrma.....	138
4.4.4	Armação de Laje	140
4.4.5	Concretagem.....	141
4.5	MEDIDAS PREVENTIVAS E CORRETIVAS.....	146
4.5.1	Execução	146
4.5.2	Concretagem.....	147
4.5.3	Tolerâncias.....	148
4.5.4	Origens, Causas, Medidas Corretivas e Preventivas	148
5	CONCLUSÃO	153
6	REFERÊNCIAS	156

1 INTRODUÇÃO

O sistema construtivo que utiliza paredes de concreto moldados in loco surgiu na década de 70. Contudo, apenas em meados de 2010 que o seu uso no Brasil aumentou, pode-se citar como causa disso os benefícios que ainda estão sendo registrados pelo uso desse método em comparação a outros.

As paredes monolíticas de concretos moldadas no local são responsáveis por diminuir o custo, prazo e aumentar a qualidade da construção civil. De acordo com a empresa Bairro Novo, o uso de alvenaria de blocos cerâmicos, a construção de um módulo composto por duas casas de três quartos leva no mínimo 4 dias, com 20 homens trabalhando. Enquanto, com o sistema de paredes de concreto, necessitou 20 homens trabalhando para construírem duas casas de três quartos por dia (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2010).

Além disso, no Sistema Construtivo de Paredes de Concreto ocorre a união entre a tecnologia de concreto armado e a construção industrializada. Isso provoca uma maior produtividade, qualidade e redução de custos. Essa agilidade reduz o custo com mão-de-obra, por exemplo, o que compensa o alto investimento que deve ser feito, devido ao uso das fôrmas de alumínio, madeira ou plástico que encarecem o processo.

Por isso, esse método de construção é importante para o país, uma vez que faltam 7,7 milhões de moradias para atender toda a população brasileira, segundo dados da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2017). A falta de moradia faz com que inúmeras pessoas se submetam a viverem em habitações precárias e em áreas de risco. Assim, a habitação, que deveria ser um facilitador para a cidadania, se torna um opositor a vida em sociedade.

Logo, é de extrema importância social combater esse déficit habitacional e, assim, as paredes de concreto são uma excelente alternativa para os atuais problemas no cenário da construção civil, pois apresentam redução significativa no tempo de obra, redução no custo e qualidade assegurada pelos processos industriais em torno dos materiais utilizados e também pelo próprio sistema em si. Esse sistema por ser mais eficaz, em relação aos sistemas tradicionais, atende a urgente necessidade social por moradia (VALOR, 2018).

Assim sendo, neste trabalho foi descrito o sistema construtivo paredes de concreto moldadas no local e as exigências de alguns serviços e materiais, identificar as patologias ocorridas em obras, verificada a manifestação de patologias em uma obra residencial na região metropolitana de Goiânia (GO) e apresentadas medidas que podem ser tomadas para que haja diminuição na manifestação destas patologias.

1.1 JUSTIFICATIVA

Nesse cenário vê-se a necessidade de um sistema construtivo rápido, uma vez que o déficit habitacional tende a crescer com a utilização dos sistemas tradicionais que possuem baixo grau de industrialização e rapidez. O cenário nacional necessita de construções de qualidade, realizadas em um curto período de tempo e em grandes quantidades. Nessa perspectiva, o sistema de Paredes de Concreto enquadra perfeitamente como saída para a demanda habitacional que tende a crescer.

No entanto, apesar dos benefícios do uso do sistema construtivo Paredes de Concreto ser bem claros, é necessária uma análise concisa e precisa do sistema. Avaliando os procedimentos de execução, etapas, parâmetros, considerações de cálculo e controle tecnológico.

Dessa forma, o presente trabalho de conclusão de curso apresenta vantagens e desvantagens do sistema em relação aos sistemas tradicionais, analisar o sistema por meio das normas técnicas vigentes aplicáveis ao sistema, avaliar o comportamento do sistema construtivo as atuais exigências de desempenho e propor melhorias visando à otimização da execução de estruturas de parede de concreto.

1.2 OBJETIVOS

A seguir, o objetivo geral e os objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral consiste em descrever o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local a fim de otimizar os resultados e melhorar a qualidade da edificação com foco especial em evitar a ocorrência de manifestações patológicas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar o método construtivo do Sistema Paredes de Concreto;
- Expor vantagens e desvantagens do sistema em relação aos processos tradicionais;
- Analisar o sistema por meio das normas técnicas vigentes aplicáveis ao procedimento, bem como diretrizes e textos relevantes aos métodos executivos;
- Estudo de caso, visando expor o emprego do sistema em campo, com foco no aparecimento de patologias;
- Propor melhorias com o intuito de otimizar a execução das estruturas de paredes de concreto, com base na ABNT NBR 16055 (2012).

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente documento foi estruturado conforme a descrição a seguir:

O Capítulo 1, Introdução, apresenta o escopo do trabalho. Além de apontar os objetivos gerais e específicos, as justificativas e a estrutura que compõe o trabalho.

No Capítulo 2, Revisão Bibliográfica, é mostrado um apanhado de informações e de pesquisas de fontes externas, tais como livros, revistas, artigos científicos, entre outros, a respeito do tema. Onde é abordado o processo construtivo de Paredes de Concreto.

No Capítulo 3, Metodologia, é exposto os materiais, métodos e procedimentos adotados para a realização do trabalho, bem como o estudo de caso, na região metropolitana de Goiânia.

No Capítulo 4, Resultados e Discussões, são apresentados e analisados os resultados obtidos a partir da coleta dos dados em campo.

Já no Capítulo 5, Conclusão, é realizada a apresentação das conclusões, assim como a discussão relacionadas aos objetivos deste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre o tema estudado, com a finalidade de embasar a realização da pesquisa.

2.1 SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO

A ABNT NBR 16055 (2012) define o sistema de 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”.

Segundo MISURELI (2009) o método construtivo de paredes de concreto é um método de construção racionalizado que oferece produtividade, qualidade e economia de escala. O sistema possibilita a construção de casas térreas, assobradadas, edifícios de até cinco pavimentos, edifícios de oito pavimentos, edifícios com esforços de compressão de até 30 pavimentos padrão e com mais de 30 pavimentos – considerados casos especiais e específicos.

A principal característica do sistema é que a vedação e estrutura constituem um único elemento. Para tal efeito, a técnica utiliza de um sistema de armaduras e um conjunto de fôrmas que são montadas *in loco*, durante esse processo as instalações elétricas, esquadrias e *shafts* para as instalações hidráulicas são embutidos. Após a etapa de montagem, as fôrmas são preenchidas com concreto (MISURELI e MASSUDA, 2009).

Essa metodologia é inspirada em experiências de construções industrializadas realizadas nas décadas de 70 e 80, com concretos celulares (sistema “*Gethal*”) e convencionais (sistema “*Outinord*”), onde o segundo demonstrou maior potencial, inclusive utilizado na época por

diversas companhias de habitação. Porém, a alta taxa de patologias apresentada pelos sistemas e a falência e consequente extinção do Banco Nacional da Habitação (BNH), impediu a consolidação da tecnologia (MISSURELI e MASSUDA, 2009; SACHT, 2008).

2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

As vantagens do sistema, de acordo com a Comunidade da Construção (2012) são:

- Velocidade de execução;
- Garantia do cumprimento dos prazos;
- Industrialização do processo (Figura 2.2.1 – Vista aérea);
- Qualificação da mão de obra;

Figura 2.2.1 – Vista aérea de obra de Paredes de Concreto



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Ainda segundo a COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO (2012), outras vantagens se apresentam na condução da obra e no resultado final do empreendimento, sendo elas:

1. Qualidade: a qualidade final de uma obra está diretamente ligada aos materiais utilizados, aos métodos de execução e ao controle tecnológico que se faz, desde a produção dos insumos até sua aplicação. Nesse sistema, a qualidade é garantida pelo uso de:
 - a. Fôrmas com grande precisão dimensional;
 - b. Materiais com produção controlada (concreto, aço e tela);

- c. Atividades planejadas e não artesanais, potencializando a produção dentro dos requisitos de qualidade estabelecidos.
- 2. Segurança: por ser racionalizado, o sistema conta com equipamentos que privilegiam a segurança dos operários. O processo executivo incorpora, por exemplo, andaimes e guarda-corpos integrados aos painéis de fôrmas. O uso de materiais industrializados e sujeitos a normas técnicas também é fator de controle e segurança para o construtor. Por fim, a sistematização do processo garante o cumprimento do cronograma físico-financeiro, o que traz segurança comercial ao empreendedor.
- 3. Desempenho normalizado: material resistente e durável, o concreto é um dos principais elementos do sistema. Para oferecer uma solução segura e adequada às necessidades do construtor brasileiro, diferentes tipos de concreto foram testados e aprovados nos mais renomados laboratórios e institutos de pesquisa. Todos os testes foram realizados sob o rigor da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575. Os ensaios realizados com base nesta norma levam em consideração itens como:
 - a. Desempenho térmico;
 - b. Desempenho acústico;
 - c. Resistência a impacto;
 - d. Permeabilidade da superfície.
- 4. Gestão do processo: o sistema é baseado inteiramente em conceitos de industrialização de materiais e equipamentos, mecanização, modulação, controle tecnológico, multifuncionalidade e qualificação da mão de obra. Esse atributo é o grande responsável pelos ganhos de qualidade final, produtividade e prazo de realização.
- 5. Acabamento: como resultado de um processo monitorado e pouco sujeito a improvisações, a própria obra ganha em qualidade. Devido ao excelente padrão dos sistemas de fôrmas e do tipo de concreto empregado, as paredes não necessitam de revestimento de argamassa, apenas de pintura ou textura diretamente sobre o concreto acabado. Outra vantagem, é que todas as instalações elétricas e hidráulicas podem ser embutidas nas paredes.
- 6. Espaço das unidades: em razão da menor espessura das paredes de concreto em relação à alvenaria convencional, o sistema permite obter ganho de área útil para a mesma área total da unidade.

Por outro lado, diferentemente de outros sistemas construtivos, esta técnica limita o processo criativo da concepção arquitetônica dos empreendimentos, já que dificulta a retirada ou mudanças na disposição das paredes, pois elas funcionam como elementos estruturais e de contraventamento. Por conta disso, algumas construtoras estão adotando essa técnica para a vedação dos empreendimentos e, internamente, utilizam alvenaria de bloco ou *dry-way*.

Desta forma, percebe-se que o uso de paredes de concreto apresenta vantagens e desvantagens significativas. Para uma melhor análise, na tabela 2.2.1 encontrada em Sacht (2008), são apresentadas algumas destas vantagens e desvantagens. Percebe-se que o uso de paredes de concreto em um empreendimento demanda um grande custo inicial, mas, ao final da obra, a rapidez, a economia e a diminuição de perdas e entulhos compensam o investimento.

Quadro 2.2.1 – Vantagens e desvantagens

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Ocorre o aumento da produtividade, devido a existência de uma sequência definida de tarefas (locação, montagem das formas, posicionamento das instalações, fixação dos negativos das esquadrias, com possibilidade dos batentes na própria forma, resultando na redução do custo global da obra).	Elevado custo das formas que deve ser reduzido em diversas utilizações. Essa necessidade de alta reutilização ocorre apenas quando se tem uma demanda constante e uma tipologia habitacional definida e ainda é viável para um número de unidades superior a 50.
A uniformidade da parede permite a utilização de um revestimento de pequena espessura, sem necessidade de regularização, ou mesmo a eliminação do revestimento de regularização, como argamassas e pastas, antes da aplicação da pintura.	Há na maioria dos casos necessidade de equipamentos de grande porte para o emprego das formas metálicas, que são geralmente pesadas e de grandes dimensões, os mesmos são necessários para o transporte das formas ou do volume de concreto requerido.
As atividades independem da habilidade do operário, não exigindo qualificação, apenas treinamento. O consumo de mão de obra é reduzido quando comparado ao processo construtivo tradicional.	Na execução com paredes monolíticas moldadas <i>in loco</i> , algumas limitações podem ser apontadas em relação ao projeto principalmente em relação à modificações devido à função estrutural.
As formas são reutilizáveis e cada conjunto produz os painéis de vedação de uma habitação em 24 horas, podendo incluir a laje na cobertura.	No emprego de formas tipo túnel e mesa/parede, há restrições quanto ao emprego de lajes com diferentes níveis, devido ao deslocamento de formas.
Proporciona o aumento da área útil da habitação, quando comparado aos sistemas convencionais com paredes com espessura acima de 15cm, pois os painéis de concreto usualmente apresentam espessura final entre 8 e 12 cm.	No emprego de formas tipo túnel e mesa/parede, há paredes com função de vedação que não são determinadas pelo método construtivo e quando ocorre o emprego de alvenaria de blocos, não conseguem acompanhar a velocidade de execução.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Existe por meio do sistema a possibilidade de a vedação exercer função estrutural, onde as paredes são adotadas para distribuir carregamento.	
Racionalização da produção das vedações, com alta produtividade, baixo índice de perdas e mão de obra reduzida.	
Existe uma sequência ordenada de trabalho, que permite uma simplificação das tarefas.	
Aumento da qualidade tanto nos serviços de execução quanto no acabamento superficial (final da parede).	
Maior planejamento do processo de construção.	
Maior controle do processo de construção.	

Fonte: SACHT, 2008

2.3 PROJETO

Para obtenção do máximo desempenho e competitividade do sistema de Parede de Concreto é necessário que o produto seja elaborado tendo como base as variáveis e condições intrínsecas ao sistema construtivo. Conceitos de padronização, coordenação modular e organização são a base para o desenvolvimento do projeto arquitetônico.

2.3.1 Projeto – ABNT NBR 16055

A Norma Brasileira ABNT NBR 16055, traz diversos parâmetros necessários para a elaboração do projeto arquitetônico de uma habitação que se utiliza desse sistema construtivo.

Para efeito, a Norma considera um edifício de paredes de concreto de até cinco pavimentos e que atende às seguintes condições:

- Lajes de vão livre máximo de 4m e sobrecarga máxima de 300 kgf/m². Não são admitidas lajes pré-moldadas;
- Piso a piso máximo da construção de 3m;
- Dimensões em planta de no mínimo 8m;

Segundo a Norma, o projeto de uma estrutura em paredes de concreto deve ser elaborado adotando-se:

- Sistema estrutural adequado à função desejada para a edificação;
- Combinação de ações compatíveis e representativas;
- Dimensionamento e verificação de todos os elementos estruturais presentes;

- Especificações de materiais de acordo com os dimensionamentos efetuados;
- Modulação coordenada conforme a ABNT NBR 15873.

Os projetos de fôrma, escoramentos, detalhes embutidos ou vazados e os projetos de instalações devem ser validados pelo projetista de estrutura. Também deve constar em projeto os desenhos contendo as plantas de forma e elevações das paredes com a respectiva armadura. Sempre que necessário, devem ser apresentados: localização de pontos de reforços, detalhes de amarração de paredes com paredes, paredes com laje e posicionamento de juntas de controle ou construtivas (ABNT NBR 16055, 2012).

No que se refere ao memorial descritivo, é dito em Norma que o mesmo deve constar:

- Caracterização do empreendimento e local de implantação;
- Hipóteses adotadas de carregamento;
- Descrição da estrutura com condições de contorno;

Como material mais utilizado nesse sistema é o concreto, é evidente que o referido deve ser especificado em projeto. A especificação do concreto para o sistema construtivo previsto na ABNT NBR 16055 deve estabelecer:

- Resistência à compressão para desforma, compatível com ciclo de concretagem;
- Resistência à compressão característica aos 28 dias (F_{ck});
- Classe de agressividade do local de implantação da estrutura, conforme a ABNT NBR 12655;
- Trabalhabilidade, medida pelo abatimento de tronco de cone (ABNT NBR NM 67) ou pelo espalhamento de concreto (ABNT NBR 15823-2);
- Módulo de elasticidade do concreto, a uma determinada idade e tensão;
- Retração do concreto;

A espessura mínima das paredes com altura de até 3m deve ser de 10cm. Permite-se espessura de 8cm apenas nas paredes internas das edificações de até dois pavimentos. Para paredes com alturas maiores, a espessura mínima deve ser $l_e/30$.

Segundo a Norma, as tubulações verticais podem ser embutidas nas paredes de concreto, desde que atendidas simultaneamente às seguintes condições:

- i. Quando a diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não ultrapassar 15°C;
- ii. Quando a pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa;
- iii. Quando o diâmetro máximo for de 50 mm;

- iv. Quando o diâmetro da tubulação não ultrapassar 50 % da espessura da parede, restando espaço suficiente para, no mínimo, o cobrimento adotado e a armadura de reforço. Admite-se tubulação com diâmetro 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;
- v. Tubos metálicos não encostem nas armaduras para evitar corrosão galvânica;
- vi. Não se admitem tubulações horizontais, a não ser trechos de até um terço do comprimento da parede, não ultrapassando 1 m, desde que este trecho seja considerado não-estrutural;
- vii. Em nenhuma hipótese são permitidas tubulações, verticais ou horizontais, nos encontros de paredes.

No que se refere a premissas básicas de concepção de projeto, a ABNT NBR 16055 enuncia os seguintes conceitos:

- Comprimento da parede maior ou igual a dez vezes a sua espessura (para caracterizar o elemento de parede de concreto); os casos não atendidos por esta prescrição devem ser dimensionados como elemento linear de pilar ou pilar-parede ou viga-parede;
- Espessura da parede igual ou maior que 10 cm;
- Resistência característica à compressão no concreto (F_{ck}) menor ou igual a 40 MPa e atendendo aos requisitos de durabilidade em função da classe de agressividade ambiental;
- No dimensionamento, 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, no caso da utilização de modelos de barras para as paredes.

2.3.2 Principais Variáveis de Projeto

Para melhor compreensão das variáveis, foi optado por dividi-las em duas categorias, Variáveis Técnicas e Variáveis Legais. As mesmas são apresentadas abaixo.

I. Variáveis Técnicas

a) Modulação

A ABNT NBR 15873 – Coordenação modular para edificações estabelece a dimensão de 10 cm como módulo mínimo a ser adotado em todos os elementos da construção. A norma,

também determina que cada fabricante incorpore no seu produto as folgas e tolerâncias necessárias para a instalação.

As paredes de concreto, por ser um sistema industrializado, amplificam o seu potencial de desempenho quando adotado os princípios da coordenação modular desde a concepção do produto.

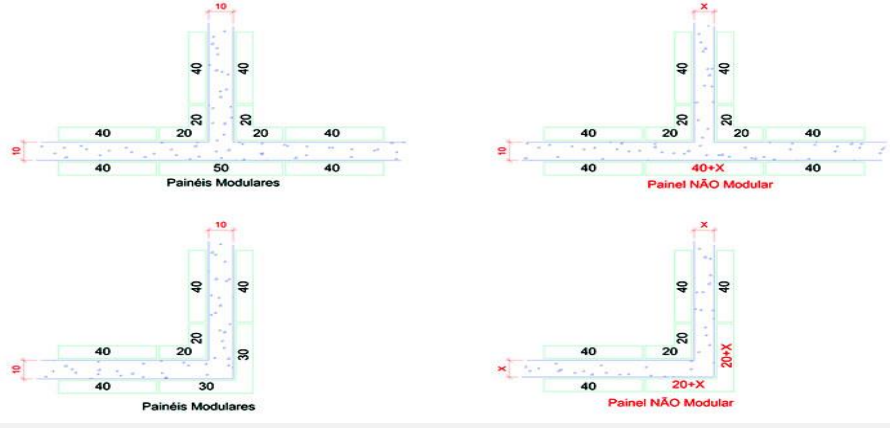
As vantagens da adoção da coordenação modular segundo a COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO (2012) são:

- Auxilia no trabalho dos projetistas, que passam a contar com elementos compatíveis entre si;
- Simplifica o processo de coordenação de projetos, graças à diminuição de variedades de medidas;
- Orienta e simplifica o processo de montagem na obra;
- Permite o uso de “equipamentos modulares” (painéis de fôrmas) em vários projetos;
- Facilita o desenvolvimento de novos produtos.

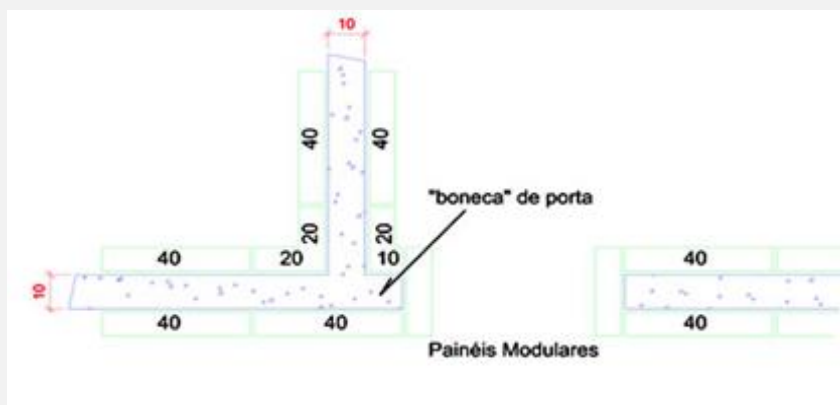
Um dos principais itens na execução de paredes de concreto, as fôrmas (ou moldes) são os principais elementos que irão se beneficiar de um projeto modular. Ao adotarmos medidas de projeto modulares (que são compatíveis com a modulação dos painéis de fôrmas), eliminamos a necessidade de peças específicas e não padronizadas, diminuindo o custo das fôrmas e facilitando a sua adoção em projetos diferentes (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2018).

Na tabela 2.3.2.1, é apresentado as principais recomendações de projeto para a máxima eficiência do sistema de parede de concreto.

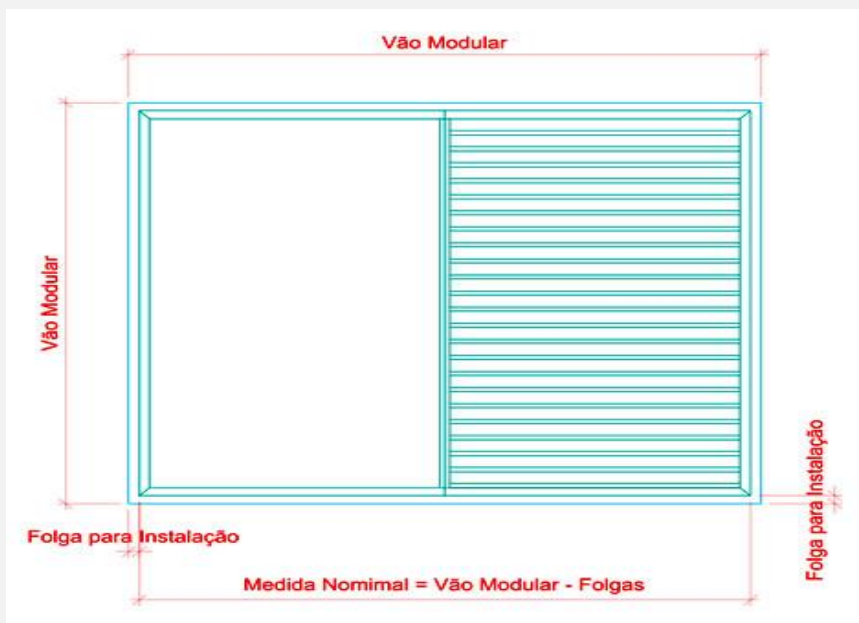
Tabela 2.3.2.1 – Recomendações de projeto

1. Adotar espessura de 10 cm em todas as paredes. O uso de paredes com espessuras diferentes implica na necessidade de peças especiais ou não moduladas.	 O diagrama ilustra a importância da padronização das espessuras das paredes de concreto para a utilização de painéis modulares de fôrma. À esquerda, são mostrados exemplos de 'Painéis Modulares' com espessuras padronizadas de 10, 20, 30, 40 e 50 cm, permitindo uma montagem eficiente. À direita, são mostrados exemplos de 'Painel NÃO Modular' com espessuras variáveis indicadas como 40+X e 20+X, o que resulta em peças não padronizadas e aumenta a complexidade e o custo da montagem.
--	---

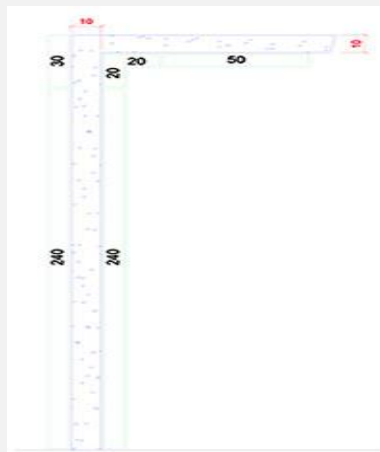
2. Usar “bonecas” de portas ou janelas de 10 cm ou, se possível, “eliminar” essas bonecas.



3. As esquadrias deverão ter medidas nominais que considerem as folgas necessárias para instalações, permitindo que os vãos deixados pelas fôrmas sejam múltiplos de 10 cm.



4. As lajes também devem ter espessura de 10 cm, permitindo o uso de painéis internos e externos padronizados.



Fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO.

Disponível em: <http://www.comunidade-da-construcao.com.br/sistemas-construtivos/2/modulacao/projeto/24/modulacao.html>

Acesso em: 02 de outubro de 2018

No que se refere às etapas posteriores ao projeto, a coordenação modular apresenta as seguintes vantagens:

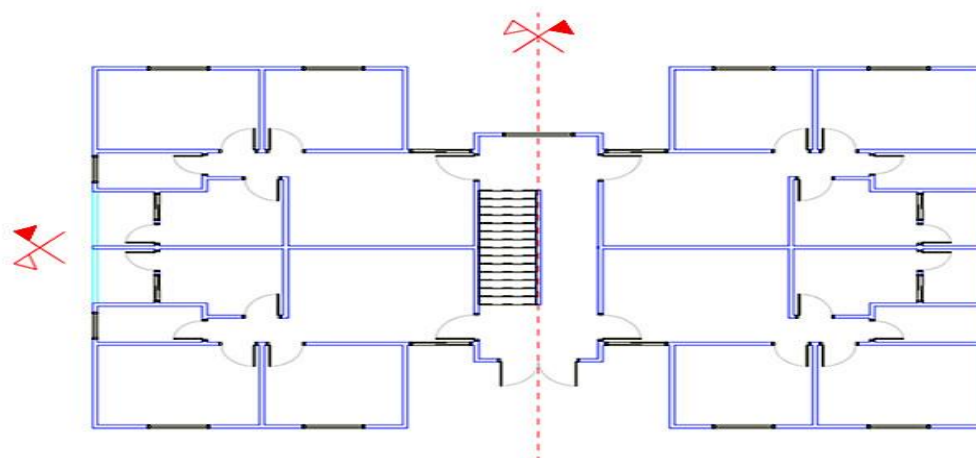
- Menor custo na aquisição das fôrmas pela não necessidade de fabricação de painéis especiais;
- Facilidade de aproveitar as fôrmas em outros projetos modulados;
- Maior produtividade na montagem das fôrmas, em função do menor número de tipos de painéis;
- Menor quantidade de telas por m³ de concreto, minimizando cortes e sobreposições desnecessárias;
- Menor custo na aplicação de azulejos e pisos cerâmicos.

b) Simetria

Em edifícios de múltiplos pavimentos é recomendado que o projeto seja simétrico. Contudo em projetos de casas térreas essa recomendação não se torna relevante.

A simetria do projeto permite “girar” as fôrmas sem a necessidade de retirar painéis de fôrmas ou acrescentar os chamados “painéis de ciclo”; maximizando a produtividade (Figura 2.3.2.1 – Simetria em projeto). Outra vantagem é a possibilidade de criar equipes de montadores de fôrmas independentes das equipes da armação e instalação (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2018).

Figura 2.3.2.1 – Simetria em projeto



Fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO

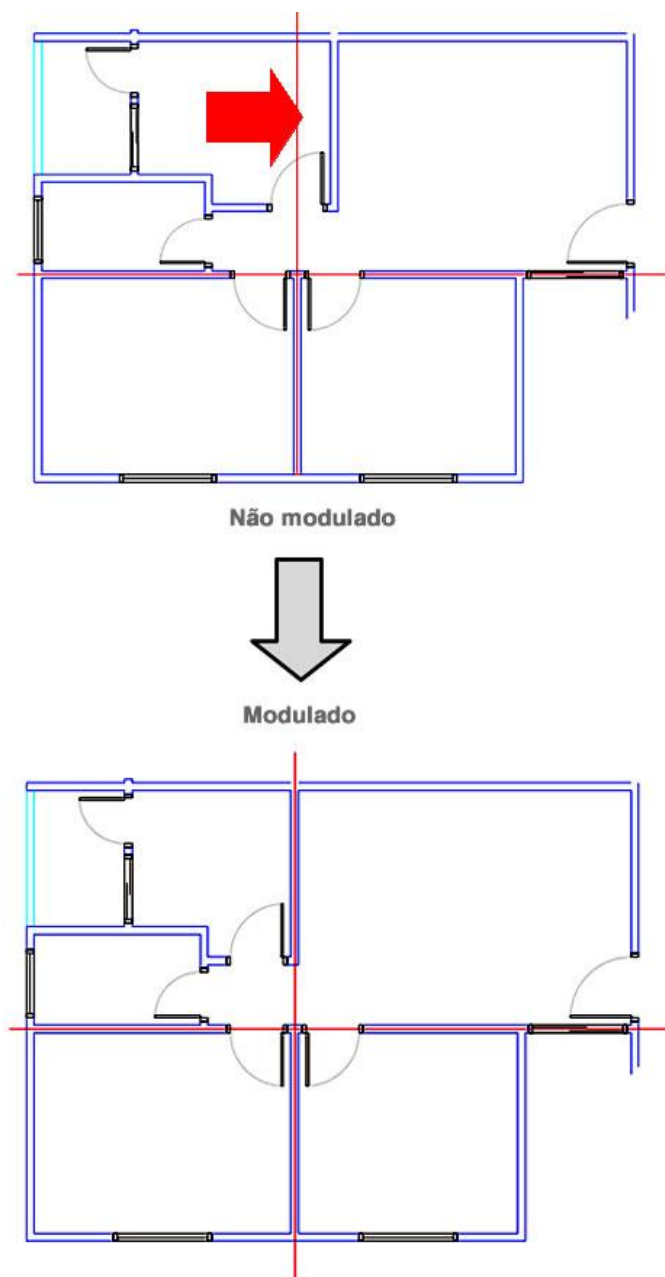
Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/modulacao/projeto/24/modulacao.html>

Acesso em: 02 de outubro de 2018

c) Alinhamento das paredes

O menor número de eixos a serem lançados facilita o posicionamento e alinhamento dos painéis das formas (Figura 2.3.2.2 – Uso de paredes alinhadas). Assim, é importante ter no projeto o maior número de paredes alinhadas, principalmente as paredes internas.

Figura 2.3.2.2 – Uso de paredes alinhadas



Fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO.

Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/modulacao/projeto/24/modulacao.html>

Acesso em: 02 de outubro de 2018

d) Padronização vertical

O sistema de paredes de concreto moldadas in loco beneficia-se da padronização e da repetitividade das estruturas. Por isso, quanto mais estruturas e pavimentos iguais, mais rápidos e regulares serão os ciclos de concretagem.

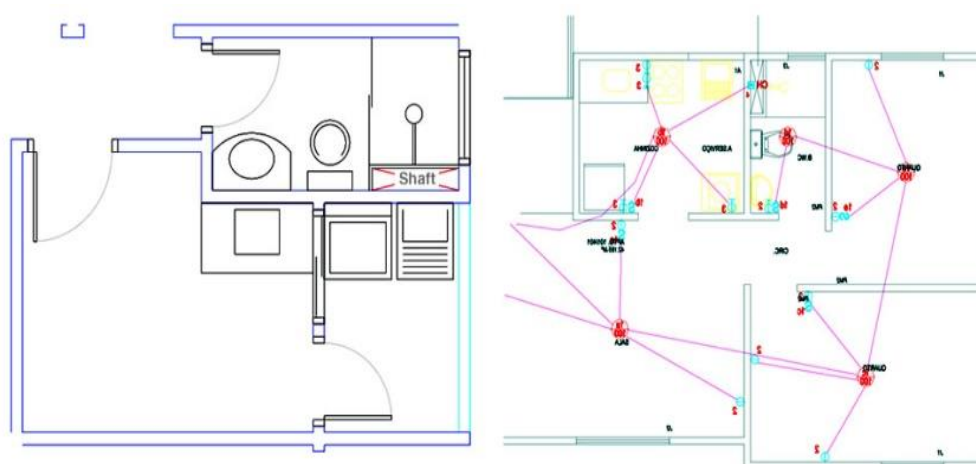
As áreas comuns como salão de festas, áreas de ginástica e recreação costumam ficar em prédios isolados das unidades habitacionais. Assim evita-se a necessidade de estruturas de transição. Nesse sentido, recomenda-se evitar coberturas e platibandas com estruturas complexas, permitindo o uso das fôrmas de pavimento-tipo para sua execução.

e) Instalações elétricas e hidrossanitárias

O posicionamento dos eletrodutos não interfere na montagem das paredes, uma vez que é feito por equipes independentes e antes do início dessa operação. No caso das lajes, os eletrodutos devem ser posicionados logo após a montagem das fôrmas de lajes e antes da concretagem. Além disto, é importante evitar o cruzamento desses eletrodutos, pois essa medida reduz o risco de os mesmos serem amassados ou danificados (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2018).

Nas instalações hidrossanitárias, costuma-se agrupar as áreas molhadas. Essa medida reduz a quantidade de tubulações que necessitam passar pelos forros até os shafts, como é apresentado na figura 2.3.2.3.

Figura 2.3.2.3 – Instalações elétricas e hidrossanitárias



Fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO.

Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/modulacao/projeto/24/modulacao.html>

Acesso em: 02 de outubro de 2018

f) Vãos

Devem ser executadas rigorosamente de acordo com as dimensões indicadas no projeto. Nas peças de grande vão, a fôrma deve ter a sobre-elevação necessária para compensar a deformação inevitável sob a ação das cargas. Também é necessário levar em conta a necessidade de armadura de reforço dimensionada para suportar o peso da esquadria.

No caso de se utilizar de “bonecas” é aconselhado utilizar pelos menos 10 cm, uma vez que pequenos trechos de paredes necessitam de vários painéis de fôrmas, reduzindo assim a velocidade de montagem.

II. Variáveis Legais

a) Plano Diretor

Durante um projeto é fundamental seguir as normas do Plano Diretor, de forma a realizar uma avaliação processual e tecnológica, proporcionando assim uma noção preliminar do empreendimento, bem como do investimento e do prazo de implementação estimado. Assim, o Plano Diretor Municipal, da cidade em que a obra será executada, torna-se um grande influenciador na concepção de projeto.

Basicamente o Plano Diretor propõe diretrizes que nos guiam sobre o que deve ou não ser feito no território municipal. Sendo o instrumento básico da política de desenvolvimento do Município. Sua principal finalidade é orientar a atuação do poder público e da iniciativa privada na construção dos espaços urbano e rural na oferta dos serviços públicos essenciais, visando assegurar melhores condições de vida para a população. Nele são identificadas e delimitadas as áreas urbanas e rurais, e traçadas as estratégias para o seu desenvolvimento, buscando assegurar os direitos fundamentais, a sustentabilidade e o atendimento pleno às demandas da população. Logo, várias exigências técnicas e legais são apresentadas, de forma que se torna necessário a adequação aos padrões aceitos pelo seu município, como por exemplo afastamentos laterais, área a ser construída e recuo.

Assim, se torna necessário o estudo e adaptação dos projetos as individualidades de cada região, uma vez que este fator pode alterar desde o projeto arquitetônico até a própria viabilidade do empreendimento.

2.4 FUNDAÇÃO

A escolha do tipo de fundação depende do local do empreendimento, de acordo com o clima, solo e geografia. A seleção deve considerar segurança, estabilidade e durabilidade, além do alinhamento necessário para a produção das paredes. O tipo de fundação mais utilizado em casas é o radier, que deve ser construído com espaço excedente em relação à espessura dos painéis externos das fôrmas, permitindo o apoio e facilitando a sua montagem (MISURELI e MASSUDA, 2009).

Independentemente da tipologia da fundação, esta deve ser executada com nivelamento rigoroso, permitindo a correta montagem do sistema de fôrmas. É recomendado que se execute uma laje/piso na cota do terreno, para que constitua um apoio ao sistema de fôrmas e elimine a possibilidade de se trabalhar no terreno bruto. É interessante que essa laje/piso seja construída excedendo a dimensão igual à espessura dos painéis externos das fôrmas, para permitir o apoio e facilitar a montagem dos moldes. Se a opção for pela fundação com laje tipo radier, recomenda-se construir a calçada externa na mesma concretagem. As tubulações de águas servidas e outros pontos de conexão são previamente embutidos. Portanto, antes da concretagem, devemos posicionar as tubulações com uso de gabarito específico, conforme consta nos projetos de instalações (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2018).

Nesta etapa, segundo Misureli e Massuda (2009), vale observar cuidadosamente os seguintes pontos:

- A locação e o nivelamento das fundações devem estar de acordo com o projeto arquitetônico e as fôrmas;
- Devem-se tomar todas as precauções para evitar que a umidade do solo migre para a edificação;
- As tubulações da rede hidráulica devem ser instaladas acompanhando o processo de montagem da armação, como podemos ver na figura 2.4.1;

Figura 2.4.1 – Execução da armação do radier



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

- Recomenda-se a realização da cura úmida do concreto por um período mínimo de sete dias para as fundações em laje tipo radier (Figura 2.4.2);

Figura 2.4.2 – Cura úmida em radier



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

- A concretagem das fundações tipo radier é feita de forma convencional, diretamente do caminhão-betoneira sobre uma lona plástica que cobre uma camada nivelada de brita, com espessura mínima de 3 cm, como se vê nas figuras 2.4.3 e 2.4.4.

Figura 2.4.3 – Lastro de brita para regularização do solo



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 2.4.4 – Lastro de brita coberto por lona



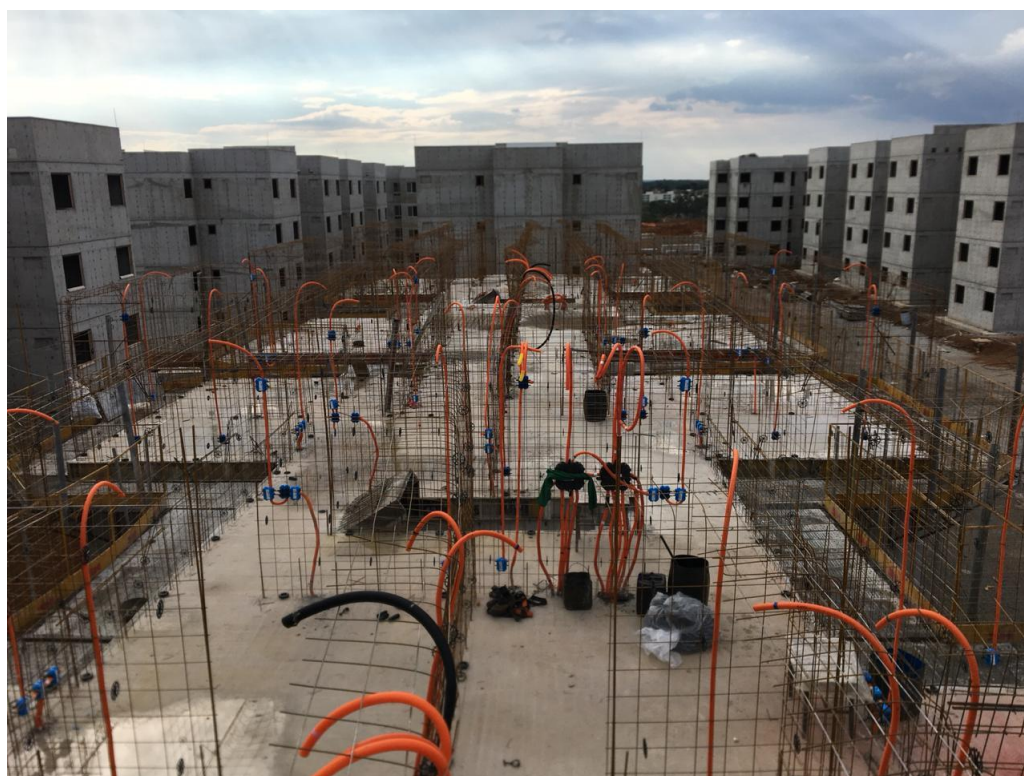
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

2.5 ARMADURAS

O concreto é um material que possui boa resistência à compressão, mas baixa resistência à tração. Nas estruturas de concreto armado, o aço deve ser capaz de resistir aos esforços de tração. O aço utilizado para as armaduras deve ser exatamente aquele especificado em projeto, caso sejam necessárias alterações, estas devem ser comunicadas e aprovadas pelo engenheiro projetista (ABNT NBR 12655, 2015).

Segundo a ABNT NBR 16055 (2012) a montagem, o posicionamento e o cobrimento especificados para as armaduras devem ser verificados, devendo as armaduras estar previamente limpas. O projeto deve prever detalhamento da armadura que garanta o espaçamento necessário entre os elementos para execução da concretagem. A figura 2.5.1 mostra a armadura já instalada.

Figura 2.5.1 – Armação de parede



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

No sistema de parede de concreto os tipos de armaduras utilizadas são:

- Armaduras eletro soldadas;
- Armaduras treliçadas.

2.5.1 Recebimento e armazenamento do aço

No sistema de paredes de concreto o aço exerce papel fundamental no sistema estrutural. Nesse sentido o controle e recebimento do aço garantem que o material tenha bom desempenho e procedência. Segundo a ABNT NBR 14931 (2014), alguns itens devem ser observados para tal:

1. Aço em barras:

- Quantidade;
- Comprimento das barras;
- Bitola do aço;
- Se o nome do fabricante está estampado nas barras de diâmetro superior a 10mm;
- Aspecto geral do aço, observando se há defeitos ou impurezas (fissuras, esfoliações, corrosão);
- Caso a quantidade de material seja considerável, é recomendável verificar a massa, através da pesagem do caminhão em balança neutra, antes e depois da descarga.

2. Aço em telas:

- Medir as dimensões principais (comprimento, largura, espaçamentos) com uma trena metálica com precisão de 1mm;
- Se a quantidade entregue corresponde ao pedido de compra;
- Aspecto geral do material (corrosão, fissuras nas barras, pontos de solda soltos).

3. Aço beneficiado:

- Verificação inicial da quantidade entregue em relação à nota fiscal e o pedido de compra;
- Devem se verificadas se as informações contidas na etiqueta (bitola, formato, dimensões e quantidades) condizem com as peças recebidas;
- Aspecto geral do material (corrosão, fissuras nas barras, pontos de solda soltos).

A estocagem, transporte, limpeza, manuseio e posicionamento das barras, telas soldadas e armaduras pré-fabricadas devem ser feitas de modo a não danificar o material, mantendo-o em perfeitas condições de uso. Assim, é importante lembrar sobre a necessidade de abrigar as telas, evitando as possíveis intempéries, principalmente a chuva. Cada tipo de aço deve ser identificável na obra, evitando trocas involuntárias, e o aço não deve de maneira alguma ficar armazenado em contato direto com o solo, evitando a corrosão do material, como vemos na

figura 2.5.1.1, onde as telas se encontram em cima de paletes para evitar contato com o solo (ABNT NBR 14931, 2004).

Figura 2.5.1.1 – Telas sobre paletes



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

2.5.2 Corte

Segundo Faria (2016) quando os cortes são realizados em obra, é necessário que haja um projeto que direcione ao corte do aço. Assim, torna-se possível a redução do desperdício e a otimização da mão de obra. Os equipamento e ferramentas que podem ser utilizados para executar o corte do aço devem ser definidos de acordo com os materiais e volume de serviço demandado pelo projeto. Podem ser:

- **Manuais:** Arco de serra e tesoura de cortar ferro, conhecido como tesourão. O processo demanda esforço físico do operário e, portanto, é pouco produtivo. Não demanda grande espaço físico para execução, pode ser feito próximo à área de estocagem no próprio piso. A precisão dimensional também é pequena por tratar de uma atividade extremamente artesanal. É mais comumente utilizado em obras de pequeno porte.
- **Elétricas:** Utiliza-se da ferramenta policorte. Essa ferramenta permite o corte de várias barras de aço ao mesmo tempo, possibilitando o corte de várias peças de mesma dimensão de uma

única vez e, conseqüentemente agregando maior produtividade à atividade. A policorte deve ser fixada em uma bancada de madeira, que possua pelo menos o comprimento das barras (12 m) para que seja possível marcar na própria bancada os comprimentos de corte, assim, aumenta a precisão dimensional. É utilizada em obras de médio e grande porte.

- **Hidráulicas:** Os equipamentos hidráulicos são utilizados principalmente em centrais de corte e dobra de aço e em canteiros de grandes obras, devido ao seu elevado custo.

2.5.3 Dobras

Para a dobra realizada em canteiro utiliza-se a chave de dobra, ferramenta de baixo custo e pouco produtiva, uma vez que a dobra da barra de aço é feita uma de cada vez. Na bancada de dobra deve ser instalado um pino de dobramento, que por sua vez deve ter dimensões compatíveis com o aço que será dobrado. A falta de cuidado com esse item pode fazer com que as barras de aço quando dobradas sofram um esforço demasiado, ocorrendo sua ruptura. A figura 2.5.3.1 apresenta a imagem de uma tela após passar pelo procedimento de dobra (ABNT NBR 14931, 2004).

Figura 2.5.3.1 – Armadura após dobra



2.5.4 Montagem e posicionamento das armaduras

Quando a armadura principal do sistema é composta por tela eletrosoldada, usualmente sua montagem pode anteceder a montagem das fôrmas, sendo posicionada em toda a extensão das paredes, sem interrupções, estando estas normalmente, com os cortes na malha, para posicionamento de janelas e portas previamente executados.

Segundo Azeredo (1997) a armadura deve ser posicionada e fixada anteriormente a montagem das fôrmas seguindo fielmente as especificações de projeto, de tal maneira que durante o lançamento de concreto se mantenha na posição estabelecida, conservando inalteradas as distâncias das barras entre si e com relação às faces internas das fôrmas. A montagem deverá ser feita por meio de amarração com arame, podendo ser utilizada solda no caso de uso de aços soldáveis. A distância entre pontos de amarração das barras das lajes deve ter afastamento máximo de 35 cm.

Na montagem de armaduras de lajes, o posicionamento das armaduras negativas deve ser objeto de cuidados especiais em relação à posição vertical, utilizando suportes rígidos e suficientemente espaçados para garantir seu posicionamento. Na figura 2.5.4.1 é apresentado o resultado final da armação de laje, tendo armação positiva, espaçador, armadura negativa, eletrodutos e shafts.

Figura 2.5.4.1 – Armaduras positiva e negativa de laje



Segundo a ABNT NBR 16055:2012 os espaçadores devem ser uniformemente distribuídos e em quantidades suficientes para que garantam o cobrimento especificado em projeto, devendo estar devidamente fixados para que não sofram deslocamentos e não se soltem durante o lançamento do concreto. A figura 2.5.4.2 mostra os espaçadores na armadura de uma parede.

Figura 2.5.4.2 – Espaçadores em armação de parede



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

2.5.5 Ancoragem

Segundo a ABNT NBR 16055:2012 as ancoragens de armaduras nos diferentes elementos estruturais devem seguir as especificações do projeto estrutural e todos os comprimentos de ancoragem devem estar cotados no projeto. A ancoragem entre lajes e vigas ou entre lajes e paredes deve ser executada com a introdução da armadura da laje na armadura da viga ou parede.

2.5.6 Montagem das armaduras de reforço

O sistema adota armaduras de reforço nas regiões com maiores solicitações devido ao formato ou posicionamento sendo mais comum sua utilização nas quinas de parede e nas aberturas de portas e janelas. Sua montagem é realizada logo após a montagem das armaduras principais podendo ser adotadas 3 tipos de armaduras para este reforço sendo eles compostos por telas eletrosoldadas, vergalhões metálicos e treliças metálicas, posicionados centralmente aos eixos das paredes. A figura 2.5.6.1 mostra os reforços de vergalhões metálicos nos cantos do vão onde será instalado uma janela.

Segundo a ABNT NBR 16055:2012 as armaduras de reforço ao redor das aberturas devem ser distribuídas em faixas com dimensões de $a_h/2$ (a_h é a largura da janela).

Figura 2.5.6.1 – Reforço da armadura em janela



2.5.7 Montagem das instalações

Após a montagem das telas são executadas as instalações, hidráulicas e elétricas da edificação, sendo as instalações elétricas disponíveis em padrões específicos para a utilização em paredes de concreto, sendo compostas por tampas vedantes e auxílios para a fixação nas armaduras, após as instalações é realizado o posicionamento e travamento dos espaçadores.

Como o sistema construtivo possui suas instalações embutidas nas paredes de concreto, torna-se necessário tomar precauções para que as tubulações assim como as armaduras mantenham os cobrimentos de projeto com o mínimo de movimentação das tubulações durante a concretagem das paredes. Por isso, recomenda-se a utilização de espaçadores especiais para as tubulações ou sua amarração por meio de arame recozido nas armaduras principais das paredes (Figura 2.5.7.1 – Instalações elétricas em parede).

Figura 2.5.7.1 – Instalações elétricas em parede



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

2.6 FÔRMAS

O sistema de fôrmas define-se como um conjunto dos elementos de fôrma, escoramento, cimbramento e andaimes, incluindo os apoios e as uniões entre os diversos elementos. Assim, a fôrma é um molde provisório que dará ao concreto fresco o formato e a rugosidade desejada. Já o cimbramento é todos os elementos que tem a função de sustentar o concreto fresco durante a sua cura até que o mesmo atinja a resistência desejada para desforma (Azevedo, 1997).

Segundo Azevedo (1997), as fôrmas para edifícios devem atender os seguintes requisitos:

- Devem ser executadas rigorosamente de acordo com as dimensões indicadas no projeto e ter a resistência necessária para não se deformarem sensivelmente sob a ação dos esforços que vão suportar, isto é, sob ação conjunta do peso próprio, do peso e da pressão do concreto fresco, do peso das armaduras e das cargas acidentais;
- Deve ser praticamente estanque, condição essa de grande importância para que não haja perda de cimento arrastado pela água. Para esse fim, é preciso que os painéis sejam bem alinhados, para que justaponham o melhor possível. Deve merecer particular cuidado a ligação das fôrmas que formam ângulos (arestas de vigas e pilares, juntas de vigas com lajes, etc.);
- Devem ser construídas de maneira que permitam a retirada de seus diversos elementos com relativa facilidade e, principalmente, sem choques. Para esse fim, o seu escoramento deve apoiar-se sobre cunhas, caixas de areia ou outros dispositivos apropriados;
- Devem ser projetadas e executadas de um modo que permita o maior número de reutilizações das peças.

Para ASSAHI (2000) o sistema de fôrmas deve atender os seguintes requisitos:

- Proteger o concreto fresco na fase de cura contra impactos, variações de temperatura e limitar a perda de água por evaporação;
- Servir de suporte para posicionamento da armação e de instalações elétricas e hidráulicas;
- Servir de suporte de trabalho para as atividades de armação e concretagem.

Para a COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO (2012) a escolha da tipologia adequada, o desenvolvimento e o detalhamento do projeto de fôrmas são de extrema importância para a

viabilidade do sistema Parede de Concreto e a garantia da qualidade do produto final. O projeto de fôrma deve abordar:

- Detalhamento e posicionamento dos painéis;
- Detalhamento dos equipamentos auxiliares;
- Detalhamento de peças de travamento e prumo;
- Detalhamento do escoramento (inclusive escoramento residual permanente);
- Sequência executiva de montagem e desmontagem.

2.6.1 Tipos de fôrmas

- **Fôrmas de plástico**

O sistema de fôrmas de plástico é composto por módulos intercambiáveis de diversos tamanhos com encaixes tipo macho e fêmea. Entre as principais vantagens oferecidas pela solução estão a leveza e a facilidade de manuseio dos painéis, que podem se ajustar às diversas medidas de comprimento e altura exigidas em projeto (CICHINELLI, 2010).

Segundo CICHINELLI (2010) o travamento do sistema é feito a partir de quadros metálicos, barras de ancoragem com limitadores para cada espessura de parede, perfis alinhadores, estroncas e aprumadores. Também são utilizados tubos retangulares no radier, com a função de servir de gabarito para o posicionamento das fôrmas e como base de apoio dos quadros metálicos de travamento do sistema.

No segmento de habitações voltadas à baixa renda são, sobretudo, indicadas para moldar paredes de concreto de unidades habitacionais térreas individuais ou geminadas, como é apresentado na figura 2.6.1.1. Quanto ao custo, as opções de compra ou locação devem ser avaliadas em função do número de unidades a serem construídas. Um ponto favorável a essa solução é que as fôrmas de plástico dispensam equipamentos de transporte. Em virtude do baixo peso - 10 kg/m² - são facilmente transportadas manualmente. Quando bem conservadas, os fabricantes indicam até 60 vezes de aproveitamento de cada painel (CICHINELLI, 2010).

Figura 2.6.1.1 – Fôrma de plástico



Fonte: BRASIL ENGENHARIA

Disponível em: <http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/destaque/7583-formas-plasticas-para-paredes-de-concreto-solucao-para-a-construcao-civil>

Acesso em: 08 de outubro de 2018

- **Fôrmas de alumínio**

O sistema de fôrmas de alumínio é composto por painéis leves soldados nas uniões, as dimensões dessas fôrmas são bem flexíveis e permitem diferentes combinações geométricas, como é apresentado na figura 2.6.1.2. Esse sistema é diferente dos outros, que tem a parede e laje concretadas em duas fases distintas, uma das maiores vantagens desse método é permitir que a concretagem das paredes e das lajes seja feita em apenas uma única etapa, agilizando consideravelmente o processo construtivo (CICHINELLI, 2010).

Segundo CICHINELLI (2010), a utilização desse sistema é recomendada para unidades habitacionais de diversas alturas (térreas, assobradadas e em edifícios verticais de até 5 pavimentos). Disponíveis no mercado apenas na opção de compra, o uso das fôrmas metálicas se justifica, sobretudo em situações de construções em grande escala. A aquisição nesses casos pode ser um bom negócio, pois, de acordo com os fabricantes, as fôrmas metálicas de alumínio podem ser reutilizadas entorno de 800 a 1000 vezes. Os painéis, mais rígidos e mais duráveis, também permitem um acabamento perfeito. A leveza do sistema é outro ponto que deve ser

levado em consideração na hora de avaliar a viabilidade da compra. Graças a essa característica dispensam guias e guindastes, sendo transportadas manualmente em qualquer situação de uso.

Figura 2.6.1.2 – Fôrma de alumínio



Fonte: ACE WEB

Disponível em: https://www.aecweb.com.br/prod/e/sistema-de-formas-tiplumin_20016_32981

Acesso em: 08 de outubro de 2018

- **Sistema metálico com contato em madeira**

O sistema de fôrmas metálicas com contato em madeira são painéis metálicos combinados a uma chapa de compensado plastificado e estão disponíveis em diversas medidas, permitindo a combinação geométrica em função das mais variadas medidas de cada projeto, como é apresentado na figura 2.6.1.3 (CICHINELLI, 2010).

Segundo CICHINELLI (2010) a montagem é feita a partir do uso de escoras prumadoras, peças para alinhamento e barras de ancoragem. Na classe social de baixa renda, o sistema apresenta bom desempenho na construção de unidades habitacionais térreas, sejam individuais ou geminadas. Já nas edificações acima de três pavimentos quando acoplados a peças de enrijecimento, os painéis podem ser içados em conjunto permitindo maior produtividade ao sistema.

Figura 2.6.1.3 – Fôrma metálica em contato com compensado



Fonte: CIMENTO ITAMBE

Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/concreto-aparente-compensado-plastificado/>

Acesso em: 08 de outubro de 2018

A tabela 2.6.1.1 apresenta um comparativo entre os três tipos de fôrma citados acima. Nela é apresentado um resumo das principais características assim como as vantagens e desvantagens de cada sistema.

Quadro 2.6.1.1 – Comparativo entre os tipos de fôrma

FÔRMA	CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
PLÁSTICA	Utilizam quadros e chapas produzidos com plástico de engenharia. Os painéis são montados de acordo com a sequência numérica, sendo justapostos e fixados por meio de travas aderidas à fôrma.	Menor custo de aquisição e peso reduzido (os painéis pesam em torno de 10 kg/m ²). Alguns sistemas não exigem travamento metálico adicional, pois as chapas se autotravam, alinham e nivelam. São recicláveis e toleram elevado número de reutilizações.	Em comparação com outras soluções de cofragem, tendem a ser menos duráveis. O acabamento superficial também pode ser um aspecto crítico em alguns sistemas.

FÔRMA	CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
ALUMÍNIO	Utilizam quadros e chapas de alumínio, tanto para estruturar os painéis como para dar acabamento à peça concretada.	São leves a ponto de dispensar equipamentos pesados. Oferecem ótimo acabamento superficial ao concreto. Quando utilizadas adequadamente, possuem alto grau de reutilização. Podem ser usadas em unidades habitacionais de diversas alturas.	Alto custo para aquisição. A viabilidade financeira desse sistema depende do grau de repetição das peças.
METÁLICAS COM CONTATO EM COMPENSADO	São compostas por quadros em peças metálicas (aço ou alumínio) e chapas de madeira compensada ou material sintético. A montagem é feita a partir do uso de escoras prumadoras, peças para alinhamento e barras de ancoragem.	Com grande disponibilidade no mercado, podem se ajustar às variadas medidas de cada projeto. De acordo com os fabricantes, quando bem conservadas, algumas chapas de compensado podem ser reutilizadas até 30 vezes.	Os painéis são mais pesados do que os equivalentes em alumínio. Embora possam ser reutilizadas exigem a troca das chapas de compensado a cada ciclo de 30 usos, aproximadamente. Alguns sistemas podem apresentar quantidade grande de peças soltas.

Fonte: TECHNE

Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/202/artigo304347-2.aspx>

Acesso em: 08 de outubro de 2018

2.6.2 Montagem de contramarcos

Segundo a ABCP (2002) os contramarcos devem ser fixados antes da concretagem: “[...] colocação prévio de contra marcos pré-fabricado em madeira, aço ou concreto diretamente no interior das fôrmas, concretagem e encaixe das esquadrias após desforma”. Para fixação dos caixilhos pode-se usar parafusos, sistema de colagem ou uso de presilhas. A estanqueidade entre a parede e o caixilho pode ser melhorada com o uso de silicone e posicionando o caixilho faceando pelo lado interno do ambiente, utilizando também de pingadeira.

2.6.3 Montagem e desmontagem da fôrma

A montagem do sistema de fôrmas deve seguir a sequência do projeto original do fornecedor, mas geralmente a maioria das fôrmas segue a mesma sequência padrão:

1. Nivelamento da laje de piso. A laje de piso (“radier”) tem a função de fundação (Figura 2.6.3.1 – Nivelamento piso radier).

Figura 2.6.3.1 – Nivelamento piso radier



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

2. Marcação de linhas de parede no piso de apoio (Figura 2.6.3.2 – Marcação das linhas de parede no piso de apoio);

Figura 2.6.3.2 – Marcação das linhas de parede no piso de apoio



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

3. Montagem das armaduras e redes hidráulica e elétrica (Figura 2.6.3.3);

Figura 2.6.3.3 – Montagem de armadura e rede elétrica



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

4. Montagem dos painéis seguindo a numeração da fôrma (Figura 2.6.3.4);

Figura 2.6.3.4 – Montagem de painéis



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

5. Colocação de ancoragens: fechamento das fôrmas de parede (Figura 2.6.3.5);

Figura 2.6.3.5 – Fechamento da fôrma de parede



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Na desmontagem, os painéis devem ser posicionados ao lado da próxima habitação a ser executada. Após o sistema ser desmontado, a fôrma deve ser limpa para a reutilização, o material tem de ser escovado para que todo o resíduo de argamassa seja eliminado do molde, possibilitando a aplicação de um desmoldante. Como o sistema paredes de concreto admite o uso de três tipos de fôrmas, uma atenção especial deve ser dada ao desmoldante escolhido. O produto precisa ser adequado a cada superfície, evitando-se que o concreto grude na fôrma e não deixe resíduos na superfície das paredes, o que comprometeria a aderência do revestimento final (ABCP, 2007).

2.6.4 Travamento e escoramento das fôrmas

Segundo PACHECO (2012) o travamento e escoramento das fôrmas são realizados utilizando peças auxiliares que trabalham conjuntamente com os painéis, a fim de manter a estabilidade das fôrmas e impedir a movimentação do conjunto durante a etapa de concretagem mantendo, assim o alinhamento e espaçamento das paredes.

As principais peças auxiliares utilizadas durante o travamento e montagem dos painéis são apresentadas a seguir:

- Pinos: Garantem o travamento dos painéis das fôrmas e gravatas (Figura 2.6.4.1);

Figura 2.6.4.1 – Pinos



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

- Cunhas: Juntamente com os pinos auxiliam no travamento dos painéis (Figura 2.6.4.2);

Figura 2.6.4.2 – Cunha



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

- Gravatas: Utilizadas para travar os painéis internos e externos garantindo a espessura das paredes (Figura 2.6.4.3 e Figura 2.6.4.4);

Figura 2.6.4.3 – Gravata



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

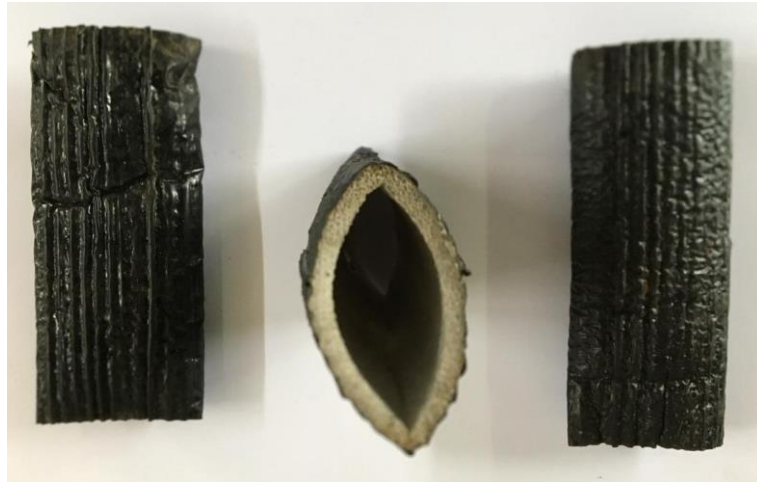
Figura 2.6.4.4 – Conjunto gravata, pino e cunha



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

- Sacos EP: Também conhecidos como camisinhas, servem para o enluvamento da gravata, impedindo contato desta com o concreto e possibilitando a sua remoção (Figura 2.6.4.5);

Figura 2.6.4.5 – Saco EP



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

- Escoras: São utilizadas para escoramento tanto dos painéis quanto das lajes (Figura 2.6.4.6);

Figura 2.6.4.6 – Escoras



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

- Cantoneiras ou réguas alinhadoras: Servem de guia para alinhamento das paredes, em conjunto com os alinhadores (Figura 2.6.4.7);

Figura 2.6.4.7 – Cantonera



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

- Alinhadores: Alinham as fôrmas e recebem os painéis da proteção periférica (Figura 2.6.4.8);

Figura 2.6.4.8 – Alinhador



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

- Tensores: Servem para garantir as medidas dos vãos de portas e janelas (Figura 2.6.4.9).

Figura 2.6.4.9 – Tensor em porta



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

2.7 CONCRETO

Para a ABNT NBR 11768 (1992) o concreto de cimento Portland pode ser caracterizado pela mistura de Cimento Portland, água e agregados inertes, podendo possuir em pequenas quantidades produtos que modificam algumas de suas propriedades a fim de adequá-las a determinadas condições.

Dentre as características mais importantes do concreto fresco, uma que apresenta elevada importância é sua trabalhabilidade, que define sua aptidão para ser empregado em determinada finalidade, sem perda de homogeneidade, essa sensivelmente relacionada com a consistência e com a coesão da pasta de cimento, que dependem respectivamente da quantidade de água adicionada a mistura e a capacidade dos componentes do concreto se manterem misturados (PACHECO, 2012).

Segundo MISURELLI e MASSUDA (2009) o concreto é o principal elemento do sistema Parede de Concreto, por isso exige-se uma atenção especial com este componente. No Brasil, quatro tipos de concretos (Tabela 2.7.1) são utilizados nesse sistema, são eles:

- Concreto celular;
- Concreto com elevado teor de ar incorporado – até 9%;
- Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica;
- Concreto convencional ou concreto autoadensável.

Quadro 2.7.1 – Tipos de concreto utilizados em Parede de Concreto

TIPO	DESCRIÇÃO	MASSA ESPECÍFICA (kg/m ³)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO MÍNIMA (MPa)
L1	Concreto celular	1.500 a 1.600	4
L2	Concreto com agregado leve	1.500 a 1.800	20
M	Concreto com ar incorporado	1.900 a 2.000	6
N	Concreto normal	2.000 a 2.800	20

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2009, p.37

2.7.1 Concreto Celular

O concreto celular pode ser definido como: “Concreto leve obtido pela introdução em argamassa de bolhas de ar, com dimensões milimétricas, homogêneas, uniformemente distribuídas, estáveis, incomunicáveis e indeformadas ao fim do processo, cuja densidade de massa aparente no estado fresco deve estar compreendida entre 1300 kg/m³ e 1900 kg/m³.” (ABNT NBR 12655, 2015)

Este tipo de concreto tem como principais características a baixa massa específica e o bom desempenho térmico e acústico, uma vez que possui grande quantidade de bolhas de ar distribuídas uniformemente em seu interior, devendo ser estudado sua utilização em áreas com alta agressividade, pois o alto índice de bolhas pode aumentar sua permeabilidade à agentes agressivos, assim diminuindo sua vida útil (ABCP, 2008).

2.7.2 Concreto com elevado teor de ar incorporado

Tem características acústicas, térmicas e mecânicas parecidas com a do concreto celular é usualmente utilizado em residências térreas e assobradas, desde que especificado com resistência igual à resistência mínima de 6 MPa (ABCP, 2007).

O concreto com elevado teor de ar incorporado possui bom desempenho térmico e acústico, porém a sua utilização em ambientes de alta agressividade ambiental deve ser estudada devido ao aumento de permeabilidade a certos agentes agressivos como íons cloreto e dióxido

de carbono, podendo ter a sua utilização indevida resultar em significativa redução de vida útil das armaduras. Ainda em relação à durabilidade, observa-se que a partir de certo teor de ar incorporado (4%) a durabilidade e o desempenho da matriz cimentícia reduz sensivelmente (SACHT, 2008).

2.7.3 Concreto com agregados leves

Esse concreto composto com agregados leves tem características como bom desempenho térmico e acústico, porém levemente inferior aos concretos celulares e com elevado teor de ar incorporado. É usado em qualquer estrutura que necessite de resistência de até 25 Mpa (ABCP, 2007).

Segundo SACHT (2009) o concreto com agregados leve ou concreto leve estrutural, caracteriza-se pela substituição total ou parcial dos agregados tradicionais por agregados leves que podem ser obtidos por produtos naturais ou sintéticos, passando pelos subprodutos e rejeitos industriais.

Ainda segundo SACHT (2009), este tipo de concreto é uma alternativa para a utilização no sistema de paredes de concreto moldadas no local. Entre suas vantagens podemos citar:

- Baixo peso específico, sendo sua massa específica seca abaixo de 1700 Kg/m³, o que alivia as cargas nas fundações;
- Trabalhabilidade adequada ao bombeamento e moldagem;
- Valores de resistência à compressão às 12 horas de idade acima de 2 MPa;
- Valores de resistência à compressão aos 28 dias de idade acima de 30 MPa;
- Bom desempenho térmico e acústico (superior aos concretos convencionais);
- Baixa permeabilidade a agentes agressivos.

2.7.4 Concreto convencional ou autoadensável

O concreto autoadensável foi desenvolvido no Japão e, devido ao seu grande potencial de otimização da produção de estruturas de concreto armado, tem ganhado cada vez mais espaço no mercado da construção civil. O concreto autoadensável (CAA) é capaz de preencher todos os vazios sem o adensamento, vibração ou compactação, utilizando-se para isso do seu peso próprio. As propriedades fundamentais do CAA são a fluidez, a coesão e a resistência à segregação. A fluidez é a capacidade que o concreto tem de escoar preenchendo todos os espaços, já a coesão é a capacidade que o concreto possui para se manter íntegro e homogêneo, mesmo fluindo ao longo das fôrmas passando por barreiras como a armação. A resistência à

segregação é a propriedade do CAA que permite que ele se mantenha coeso ao fluir dentro das fôrmas (TUTIKIAN E MOLIN, 2015).

Caracterizado pela mistura de cimento, água e agregados, suas especificações se enquadram com as apresentadas anteriormente, apesar de apresentar o maior peso específico até o momento, e os menores desempenhos tanto térmicos e acústicos. É o material que possui a maior utilização no sistema de paredes monolíticas de concreto em especial quando utilizado juntamente com aditivos superplastificantes.

Segundo Tutikian e Molin (2015) as vantagens da utilização do concreto autoadensável são:

- Acelera o processo construtivo, devido à velocidade de lançamento e a eliminação da etapa de adensamento;
- Menor quantidade de mão-de-obra necessária para concretagem, devido à facilidade do espalhamento e nivelamento, além eliminação do adensamento;
- Melhoria do acabamento final da superfície;
- Aumento da vida útil da estrutura; devido à redução de falhas e grandes vazios (nichos) resultantes de má vibração;
- Permitir uma grande liberdade de formas e dimensões (curvas, esbeltas, altas taxas de armadura e difícil acesso) devido a fluidez do CAA;
- Permite a concretagem de peças de seções reduzidas;
- Ganho ecológico, devido à utilização de resíduos industriais, como cinza volante, escória de alto forno e cinza de casca de arroz, na composição do CAA.

Assim como deve ser medido o abatimento do concreto convencional, ao receber um concreto autoadensável no canteiro, deve ser medido também o espalhamento do CAA. O ensaio de determinação do espalhamento chama-se *slumpflowtest* e mede a capacidade do CAA de fluir livremente sem segregar.

Segundo MENDES (2016) o concreto é classificado como autoadensável se cumprir com os seguintes requisitos (propriedades) no estado fresco:

- Habilidade de preenchimento. Consiste na capacidade do concreto autoadensável de fluir dentro da fôrma e preencher todos os espaços passando por entre as armaduras sem obstrução do fluxo ou segregação;
- Habilidade passante. Consiste na capacidade do CAA de passar por entre as armaduras e seções estreitas sem que haja obstrução do fluxo. Os mecanismos

que governam essa propriedade são: viscosidade da pasta e da argamassa e as características dos agregados;

- Resistência à segregação. É a propriedade que caracteriza a capacidade do CAA de se manter homogêneo durante as etapas de mistura, transporte e lançamento, sem que ocorra segregação por afundamento dos agregados ou ascensão da água de mistura (exsudação) no concreto colocado nas fôrmas;

2.8 CONCRETAGEM

A concretagem e todas as ações precedentes são fundamentais para que estrutura executada corresponda ao projeto estrutural garantindo, assim a durabilidade e a qualidade desejadas. Uma das produções mais eficientes ocorre a partir de concretos dosados em centrais e fornecidos ao canteiro em caminhões betoneira, incorrendo-se sempre em melhores controles de: qualidade de agregados, medidas em peso, precisão de volumes, garantia da concreteira quanto ao desempenho do concreto recebido (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2012).

2.8.1 Cuidados preliminares

Após receber na obra o concreto pedido em central de dosagem, conferir e garantir que está conforme solicitação de projeto. Para que a geometria dos elementos estruturais e da estrutura de concreto armado por completo fique de acordo com o que projetado é necessário a garantia das dimensões e posição (nivelamento e prumo) das fôrmas, com as tolerâncias permitidas, conforme a tabela 2.8.1.1 (ABNT NBR 14931, 2004).

Quadro 2.8.1.1 – Tolerâncias dimensionais para as seções transversais

Dimensão (a) Cm	Tolerância (t) mm
$a \leq 60$	± 5
$60 \leq a \leq 120$	± 7
$120 \leq a \leq 250$	± 10
$a > 250$	$\pm 0,4 \% \text{ da dimensão}$

Fonte: ABNT NBR 14931, 2004

A superfície interna das fôrmas deve estar limpa e as juntas devem ser estanques, para que não haja perda de pasta ou de argamassa. Nas fôrmas de paredes, pilares e vigas estreitas e altas, devem ser deixadas aberturas provisórias próximas ao fundo para limpeza. Caso a fôrma seja de materiais muito propensos a absorver umidade ou que facilitem a evaporação, elas devem ser molhadas até saturação. Para concreto aparente, as fôrmas devem receber tratamento e propicie o acabamento requerido. O escoramento deve ser conferido quanto às posições e condições estruturais para a fôrma seja capaz de receber o concreto sem que suas dimensões e posições se alterem e tráfego de pessoal e equipamento para o lançamento do concreto ocorra com segurança. Assim como as fôrmas e o escoramento, a armadura também deve ser conferida antes do início da concretagem, garantindo que a montagem, o posicionamento e o cobrimento estejam conforme especificação do projeto (ABNT NBR 14931, 2004).

Também é necessária a elaboração previa de um Plano de Concretagem. Segundo a ABNT NBR 16055 (2012) o plano de concretagem, com relação ao sistema de fôrmas, deve prever:

- A área ou volume concretados em função do tempo de trabalho;
- A relação entre lançamento, adensamento e acabamento;
- As juntas de concretagem, quando necessárias, a partir de definição em comum acordo entre os responsáveis pela execução da estrutura de concreto e pelo projeto estrutural;
- O acabamento final que se pretende obter.

Ainda de acordo com a ABNT NBR 16055 (2012), todos os equipamentos utilizados no lançamento do concreto devem estar limpos e em condições de utilização e devem permitir que o concreto seja levado até o ponto mais distante a ser concretado na estrutura sem sofrer segregação. Quanto aos equipamentos, estes devem ser dimensionados e adequados ao processo de concretagem escolhido e em quantidade suficiente de forma a possibilitar que o trabalho seja desenvolvido sem atrasos, e a equipe de trabalhadores deve ser suficiente para assegurar as operações de lançamento, adensamento e acabamento do concreto. Se a concretagem for realizada durante a noite, o sistema de iluminação deve permitir condições de inspeção, acompanhamento de execução e controle de serviços, e promover segurança na área de trabalho.

A inspeção e liberação do sistema de fôrmas, das armaduras e de outros itens da estrutura devem ser feitos antes da concretagem, como é apresentado na figura 2.8.1.1. O método de documentação dessa inspeção deve ser desenvolvido e aprovado pelas partes envolvidas antes do início dos trabalhos. Cada aspecto deve ser cuidadosamente examinado, de modo a assegurar

que tudo esteja de acordo com o projeto, as especificações e as Normas Brasileiras pertinentes (ABNT NBR 16055, 2012).

Figura 2.8.1.1 – Modelo Liberação de Concreto

LIBERAÇÃO DE CONCRETAGEM – PAREDE DE CONCRETO		
Obra:	Local:	
Estrutura:		
Concreto: Fck _____ Volume _____	☐ Slump _____ ☐ Flow _____	☐ Convencional ☐ Bombeado
Liberações:		
Forma	_____	____/____/____ data
	assinatura	
Armação	_____	____/____/____ data
	assinatura	
Instalações Elétricas	_____	____/____/____ data
	assinatura	
Instalações Hidro-sanitárias	_____	____/____/____ data
	assinatura	
Téc. Segurança do Trabalho	_____	____/____/____ data
	assinatura	
Topografia	_____	____/____/____ data
	assinatura	
Esquadrias SIPAC	_____	____/____/____ data
	assinatura	
Liberação para concretagem:		
_____	_____	
Mestre de Obras	Engenheiro da obra	
Concretagem:		
Data: ____/____/____	Início: ____:____	Término: ____:____
Volume aplicado: _____		_____
		Mestre-de-Obras
Aprovação para realização da desforma:		
Horário Liberação parede: _____		_____
Horário Liberação laje: _____		Engenheiro da obra

Fonte: Toctao Engenharia (2018)

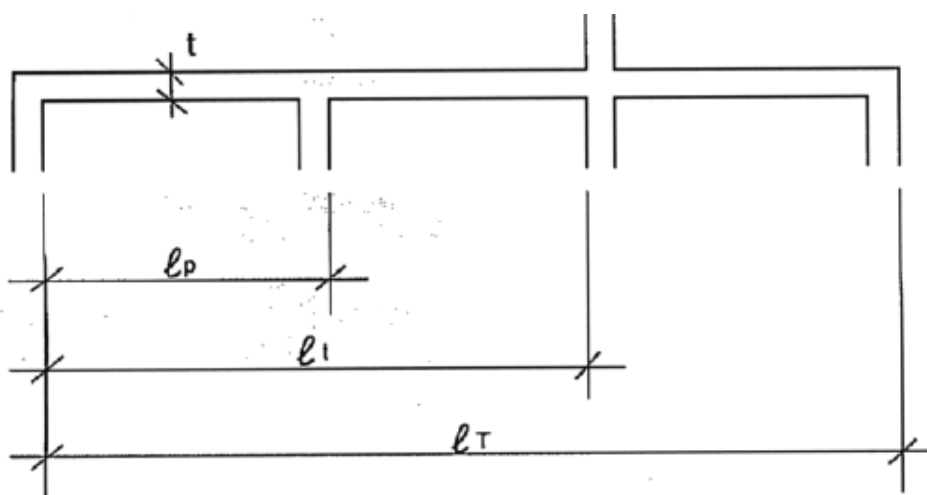
2.8.2 Tolerância

A execução das estruturas de parede de concreto deve ser a mais cuidadosa, a fim de que as dimensões, a forma e a posição das peças, e as dimensões e posição da armadura obedeam às indicações de projeto com maior precisão possível (ABNT NBR 16055, 2012).

Assim é necessário respeitar as seguintes tolerâncias abordadas pela ABNT NBR 16055 (2012).

- Espessura das paredes: a tolerância dimensional para as espessuras das paredes é de ± 5 mm;
- Comprimento das paredes: a tolerância dimensional para o comprimento das paredes (T_l), por trecho ou por parede total, é de um décimo da espessura das paredes, sendo que essa tolerância se estende ao comprimento total do pavimento, conforme ilustra a figura 2.8.2.1;

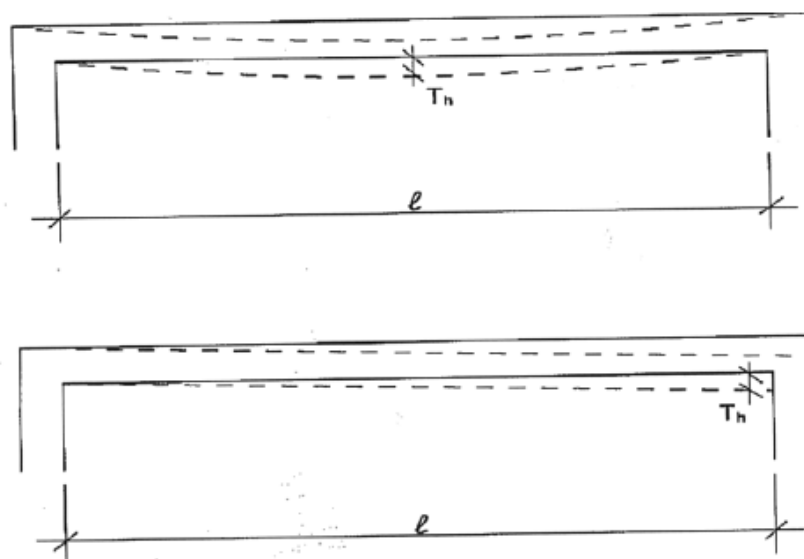
Figura 2.8.2.1 – Tolerâncias para comprimento das paredes



Fonte: ABNT NBR 16055, 2012

- Desalinhamento horizontal das paredes: para a liberação do gabarito de locação das paredes do primeiro pavimento, a tolerância para a posição dos eixos de cada parede em relação ao projeto é de ± 5 mm, sendo para os demais pavimentos o mesmo valor, porém relativo ao eixo das paredes do primeiro pavimento. A tolerância individual de desalinhamento horizontal (T_h) de elementos estruturais lineares deve ser menor ou igual a $l/500$ ou 5 mm, sendo “l” o comprimento do elemento, expresso em milímetros, conforme ilustrado na figura 2.8.2.2;

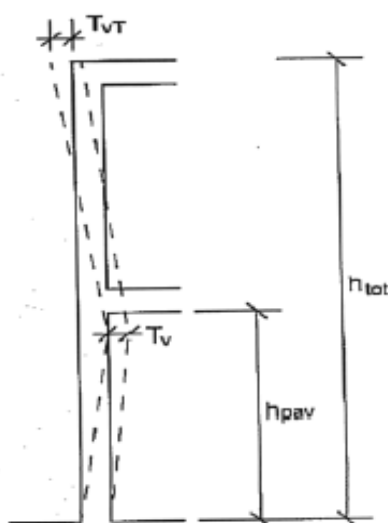
Figura 2.8.2.2 – Tolerâncias para desalinhamento horizontal das paredes



Fonte: ABNT NBR 16055, 2012

- Desalinhamento vertical e prumo das paredes: a tolerância individual de desprumo (T_v) de elementos estruturais deve ser menor ou igual a $h/500$ ou 50 mm, sendo h a altura do pavimento, em milímetros. A tolerância cumulativa para o desprumo (T_{VT}) deve ser menor que 10 mm. A figura 2.8.2.3 demonstra o desalinhamento vertical e desprumo das paredes;

Figura 2.8.2.3 – Tolerâncias para desalinhamento vertical das paredes



Fonte: ABNT NBR 16055, 2012

- Tolerâncias para o posicionamento das armaduras: para telas centradas, é permitida uma tolerância de 2 cm em pontos isolados, desde que o cobrimento especificado não seja comprometido. No caso de telas duplas, a tolerância é de 1 cm, desde que se mantenha garantido o cobrimento especificado;
- Nivelamento: tanto para o nivelamento das fôrmas antes da concretagem, como para o nivelamento do pavimento após a concretagem (ainda escorado) e exclusivamente devido ao peso próprio, em ambos os casos em relação às cotas de projeto, a tolerância deve ser inferior a 10 mm.

2.8.3 Preparo

O concreto destinado às estruturas de paredes de concreto pode ser preparado pelo executante da obra ou por empresa contratada, sendo ambos responsáveis pelos serviços e cumprimentos cabíveis, as prescrições relativas a preparo, controle e recebimento deste concreto segundo a ABNT NBR 12655 (2006).

A especificação do concreto deve levar em consideração todas as propriedades requeridas em projeto, especialmente à durabilidade, módulo de elasticidade do concreto, e resistências características, assim como às condições referentes à consistência e trabalhabilidade e dimensões dos constituintes da mistura, em função do método de preparo, lançamento, adensamento e cura (ABNT NBR 14931, 2004).

2.8.4 Transporte

O concreto deve ser transportado do local da dosagem ou da boca de descarga do caminhão betoneira até o local da concretagem em um tempo compatível com as condições de lançamento. O meio utilizado para o transporte não pode acarretar desagregação dos componentes do concreto ou perda sensível de água, pasta ou argamassa por vazamento ou evaporação. (ABNT NBR 16055, 2012)

De acordo com a ABNT NBR 16055 (2012), um aspecto muito importante é o tempo de transporte decorrido entre o início da mistura, contado a partir da primeira adição de água, até a entrega do concreto na obra. Esse tempo deve ser fixado de modo que o fim do adensamento não ocorra após o início de pega do concreto lançado e das camadas ou partes contíguas a essa remessa, evitando-se a formação de junta fria. O tempo decorrido entre o início da mistura e a entrega do concreto no canteiro deve ser inferior a 90 min, e o tempo decorrido entre o início da mistura na central e o final da aplicação do concreto na fôrma não pode

ultrapassar 150 min, salvo em condições específicas definidas por projeto, ou influência de condições climáticas ou de composição do concreto.

Quanto à temperatura ambiente estiver acima de 32°C, ou sob condições que contribuam para acelerar a pega do concreto, esse intervalo de tempo deve ser reduzido, a menos que sejam adotadas medidas especiais, como o uso de aditivos retardadores, que aumentem o tempo de pega sem prejudicar a qualidade do concreto (ABNT NBR 16055, 2012).

Logo, o sistema de transporte deve permitir o lançamento direto do concreto nas fôrmas, evitando o uso de depósitos intermediários; quando estes forem necessários, no manuseio do concreto devem ser tomadas precauções para evitar segregação.

2.8.5 Lançamento

Antes de iniciar a descarga do concreto, deve ser conferido o documento de entrega ou nota fiscal, certificando-se de que a descrição do concreto se refere ao que foi solicitado. Para alguns tipos de concreto a dosagem é completada no local da obra, como, por exemplo: aditivos superplastificantes (concreto convencional ou autoadensável). Esses aditivos devem constar nas especificações do concreto e do documento de entrega.

De acordo com a ABNT NBR 16055 (2012), antes do lançamento deve-se verificar se o concreto está com a trabalhabilidade especificada e se não ultrapassou os limites de abatimento ou de espalhamento especificado no documento de entrega. Caso o abatimento seja inferior ao indicado na nota fiscal, permite-se a adição de água complementar, desde que:

- O abatimento seja igual ou superior a 10 mm;
- O abatimento seja corrigido em até 25 mm;
- O abatimento, após a adição de água, não ultrapasse o limite máximo especificado;
- O tempo entre a primeira adição de água aos materiais e o início da descarga seja superior a 15 min.

O concreto deve ser lançado e adensado de modo que toda a armadura, além dos componentes embutidos previstos no projeto, seja adequadamente envolta na massa de concreto. Não deve ser realizado o lançamento de concreto após o início da pega. Concreto contaminado com solo ou outros materiais não pode ser lançado na estrutura.

Devem ser tomadas precauções para manter a homogeneidade do concreto. No lançamento convencional, os caminhões não podem ter inclinação excessiva, de modo a evitar a segregação decorrente do transporte. O molde da fôrma deve ser preenchido de maneira

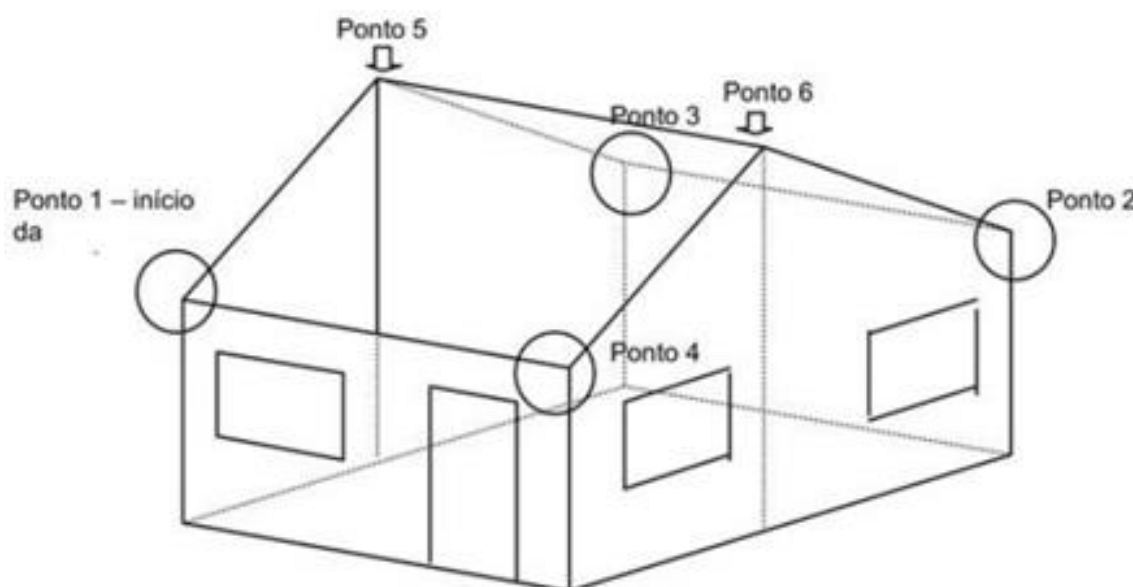
uniforme, evitando o lançamento em pontos concentrados que possa provocar deformações no sistema de fôrmas (ABNT NBR 16055, 2012).

De acordo com a ABNT NBR 16055 (2012), o concreto deve ser lançado com técnica que elimine ou reduza significativamente a segregação entre seus componentes, observando-se maiores cuidados quando forem a altura de lançamento e a densidade da armadura. Estes cuidados devem ser majorados quando a altura de queda livre de concreto ultrapassar 2 m, no caso de peças estreitas e altas, de modo a evitar a segregação e falta de argamassa. Entre os cuidados que podem ser tomados, no todo ou em parte, recomenda-se o seguinte:

- Emprego de concreto autoadensável, que possui alta trabalhabilidade e alta coesão;
- Uso de dispositivos que conduzam o concreto, minimizando a segregação (funis, calhas e trombas);
- Em lajes inclinadas e escadas deve-se conduzir o concreto de forma ascendente, ou seja, das regiões inferiores para as superiores do elemento estrutural.

O plano de lançamento deve estabelecer a altura das camadas de lançamento do concreto e o processo mais adequado de lançamento. Como é apresentado na figura 2.8.5.1.

Figura 2.8.5.1 – Esquema de escolha dos pontos de concretagem



Fonte: COMUNIDADE DA CONTRUÇÃO.

Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/concreto/execucao/33/concreto.html>

Acesso em: 23 de outubro de 2018

2.8.6 Adensamento

O adensamento se torna necessário quando não utilizado o concreto autoadensável. Assim, de acordo com a ABNT NBR 16055 (2012) devem ser tomados os seguintes cuidados:

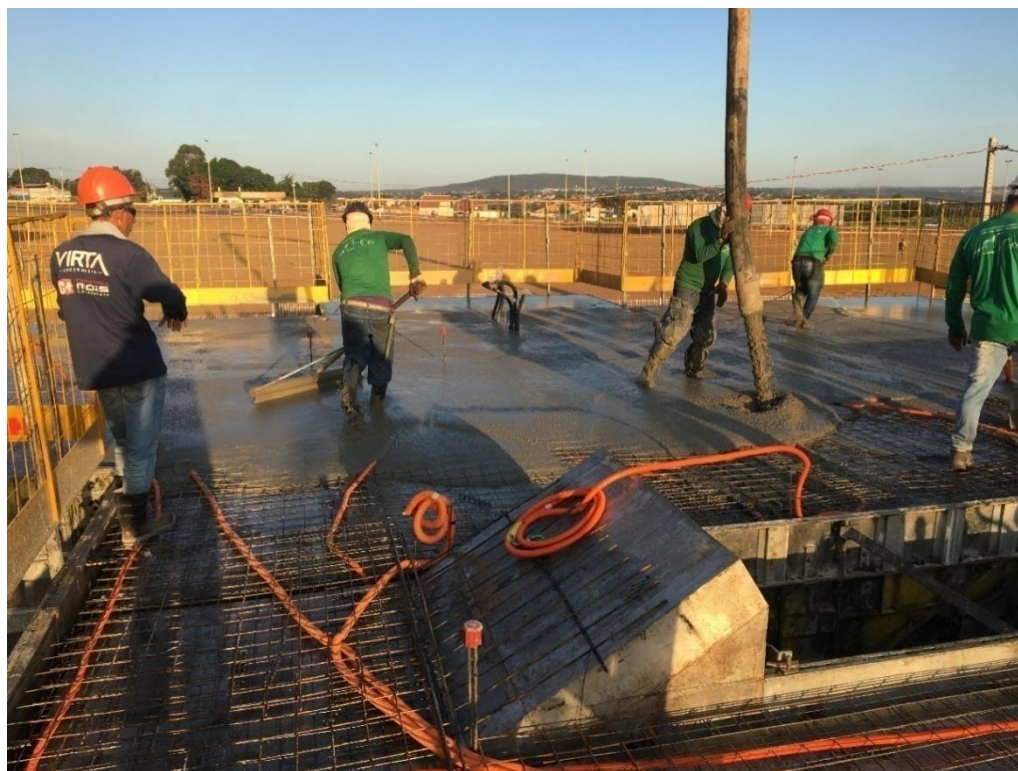
- O adensamento (manual ou mecânico) deve garantir que o concreto preencha todos os espaços das fôrmas sem prejuízo da aderência das armaduras. Para tanto, é preciso que no processo não se toque na armadura, nem desloque os embutidos da fôrma;
- No caso de alta densidade de armaduras, cuidados especiais devem ser tomados para que o concreto seja distribuído em todo o volume da peça e o adensamento se processe de forma homogênea;
- O enchimento da fôrma deve ser realizado sem a ocorrência de falhas por ar aprisionado. O sistema de fôrmas deve prever dispositivos que garantam a saída desse ar durante a concretagem, em especial nas regiões logo abaixo das janelas ou outros locais propícios à formação de vazios. Deve-se também acompanhar o enchimento das fôrmas por meio de leves batidas com martelo de borracha nos painéis.

2.8.7 Acabamento

Segundo a ABNT NBR 16055 (2012) para obter uma superfície durável e uniforme de concreto, devem ser seguidos cuidadosamente os seguintes processos:

- Escolha do traço e consistência do concreto. Deve atender aos requisitos de projeto da estrutura da parede de concreto e às condições de trabalhabilidade necessárias;
- Os processos de lançamento e adensamento devem ser realizados de forma a obter um material homogêneo e compacto, ou seja, sem apresentar vazios na massa de concreto, com o mínimo manuseio possível (Figura 2.8.7.1);
- Deve ser evitada a vibração excessiva do concreto, que pode provocar a segregação do material e migração de finos e águas para a superfície (exsudação).

Figura 2.8.7.1 – Acabamento de laje



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

2.8.8 Controle Tecnológico

De acordo com a ABNT NBR 16055 (2012), o controle tecnológico do concreto deve ser realizado em dois momentos: no ato do recebimento do material na obra ou em sua concepção se este for produzido em canteiro, e na sua aceitação quando o concreto está endurecido.

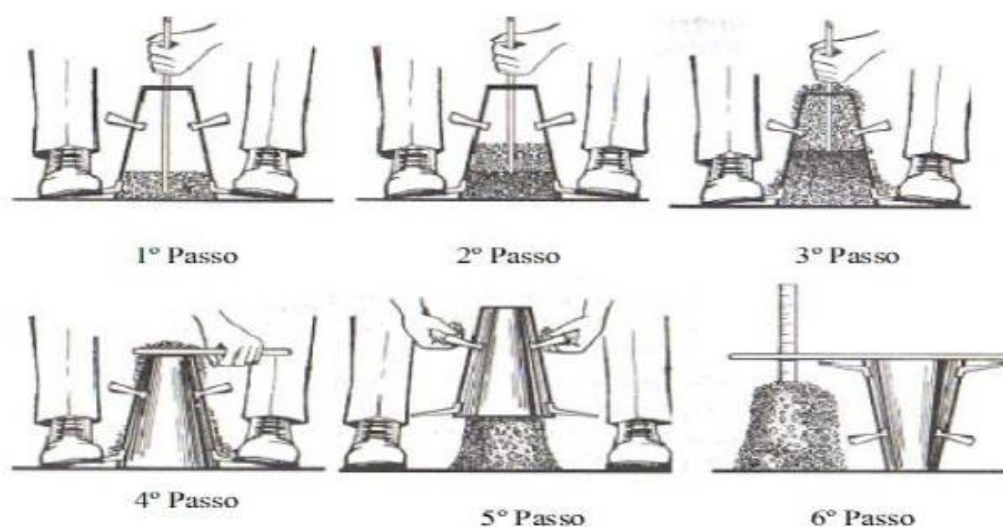
2.8.8.1 Controle de aceitação no estado fresco

Assim que o caminhão betoneira chega à obra e segue a norma de amostragem de concreto fresco ABNT NBR NM 33. Os ensaios necessários nesta etapa são:

- Slump: realizado antes de descarregar o caminhão betoneira e antes de adicionar o aditivo superplastificante (quando for usado), segundo a ABNT NBR NM 67;
- Slump Flow ou Espalhamento: realizado depois da medição do Slump, depois de adicionar o superplastificante e antes de descarregar o caminhão na bomba de concreto;
- Moldagem de corpos de prova: no terço médio do volume transportado por um caminhão betoneira devemos colher um volume de concreto para moldar corpos-de-prova cilíndricos, conforme prescreve a norma ABNT NBR 5738;

Para determinar a consistência do concreto, deve ser feito o *slumptest*: aguarda-se o caminhão descarregar 0,5 m³ de concreto, coleta-se uma amostra de pelo menos 30 litros. O cone de Abrams e a placa metálica, bem como todos os materiais que serão utilizados no teste deverão estar limpos e umedecidos. A placa deverá bem nivelada no solo, a base maior do cone deve ser posicionada para baixo sobre a placa metálica e o operador deverá apoiar os pés sobre as abas inferiores garantindo que o cone permaneça fixo na placa. O cone deve ser preenchido com concreto até cerca de um terço de sua altura, devem ser aplicados 25 golpes com a haste de “socamento” na primeira camada, garantindo que toda a camada será penetrada pela haste. O cone deverá ser preenchido com uma segunda camada, atingindo dois terços da altura total do cone, da mesma maneira, esta deverá ser aplicada 25 golpes somente na segunda camada, evitando atingir a primeira camada já adensada. O mesmo procedimento deverá ser repetido para a terceira camada que deverá preencher todo o cone. Após o adensamento da terceira camada, o excesso de concreto deve ser retirado e a superfície é arrasada com régua. Posteriormente ao arrasamento do topo, o cone deve ser lentamente e cuidadosamente retirado. O cone deverá ser posicionado ao lado do concreto com a base menor posicionada para baixo. A haste é colocada sobre o cone e mede-se a distância entre a haste e o ponto médio do concreto, o valor obtido será o abatimento do concreto. A figura 2.8.8.1.1 esquematiza o passo-a-passo do ensaio de *slump* (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2016).

Figura 2.8.8.1.1 – Passo a passo Slump



Fonte: Clube do Concreto

Disponível em: http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/08/o-que-e-slump-test-ensaio-de-abatimento_29.html

Acesso em: 22 de outubro de 2018.

O *slumpflow* possui basicamente as mesmas etapas do abatimento do tronco de cone, no entanto, a medida feita será do diâmetro do espalhamento do concreto em duas direções perpendiculares, sendo definido como valor do *slumpflow* a média das duas medidas tomadas, como é apresentado nas figuras 2.8.8.1.2 e 2.8.8.1.3. É imprescindível também a observância da ocorrência de segregação durante a execução do ensaio.

Figura 2.8.8.1.2 – Teste de Slump Flow



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 2.8.8.1.3 – Medição do espalhamento do concreto



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Segundo a ABNT NBR 7212, quando o concreto não atingira trabalhabilidade necessária, permite a adição de água complementar desde que:

- O abatimento seja igual ou inferior a 10 mm;
- O abatimento seja corrigido em até 25 mm;
- O abatimento após a adição de água não ultrapasse o limite máximo especificado;
- O tempo entre a primeira adição de água aos materiais e o início da descarga seja superior a 15 minutos.

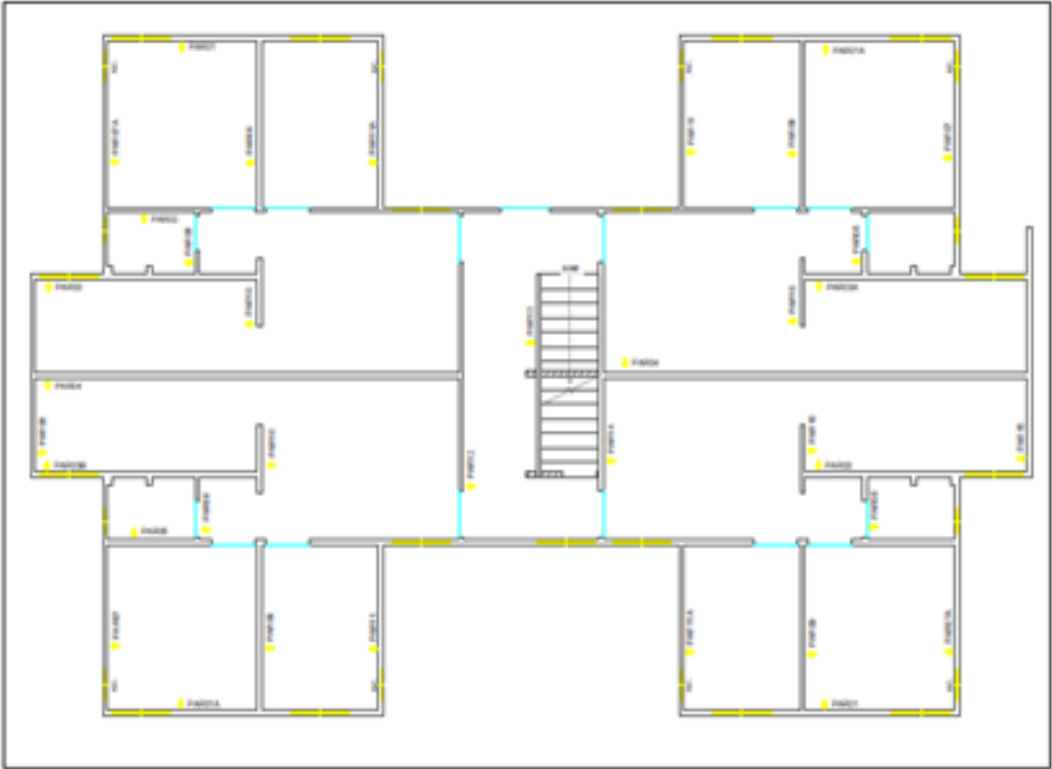
Além do ensaio de abatimento do concreto no cone de Abrams, deve ser feita a também a moldagem de corpos de prova para o teste de resistência à compressão do concreto, certificando que o material utilizado está em conformidade com o especificado em projeto. A amostra de concreto deve ser colhida depois que a terça parte da carga do caminhão betoneira tiver sido descarregada, mais uma vez, devem ser coletados pelo menos 30 litros de amostra. A base dos moldes dos corpos de prova deve estar nivelada e os moldes limpos, eles serão preenchidos com quatro camadas iguais e sucessivas, aplicando-se 30 golpes, da maneira mais uniforme possível, em cada camada com a haste metálica, sendo que o adensamento deve ser feito somente na última camada preenchida.

Após a aplicação da última camada, o excesso de concreto é removido com uma régua. Os corpos de prova devem ser identificados e descansar nos moldes por 24 horas em temperatura ambiente. Após este período, devem ser levados para serem rompidos na prensa de compressão nas datas de 7, 14 e 28 dias. Aos 28 dias, o concreto deverá ter atingido a resistência prevista em projeto (ASOCRETO, 2004).

Deve-se garantir a rastreabilidade dos lotes do concreto aplicado na obra. Para isso servem os copos de prova moldados com o material coletado de cada caminhão-betoneira. Cada exemplar deve ser adequadamente identificado e armazenado até o momento do ensaio de resistência à compressão. Além disso, durante a execução de peças estruturais deve-se fazer o mapeamento da concretagem na planta da laje, associando cada setor ao seu respectivo caminhão-betoneira. As figuras 2.8.8.1.4, 2.8.8.1.5, 2.8.8.1.5 e 2.8.8.1.6 esquematizam o processo de rastreabilidade.

Figura 2.8.8.1.5 – Modelo de rastreabilidade para parede

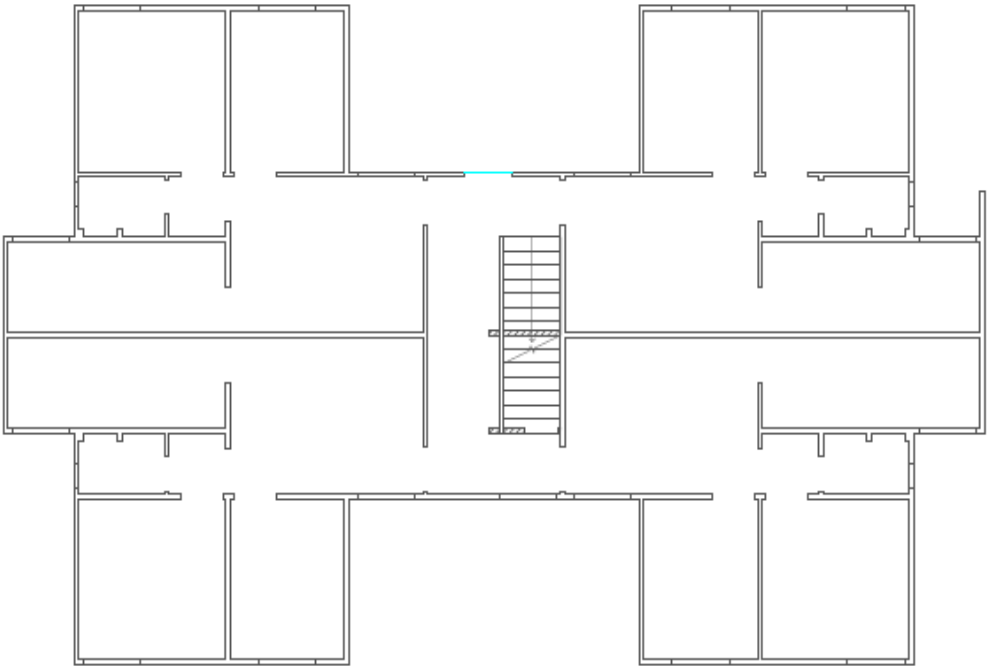
BLOCO	C - PAREDE	1	NF:	7 m³	FLOW:	:	:
		2	NF:	7 m³	FLOW:	:	:
		3	NF:	7 m³	FLOW:	:	:
		4	NF:	7 m³	FLOW:	:	:
		5	NF:	7 m³	FLOW:	:	:
		6	NF:	7 m³	FLOW:	:	:



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

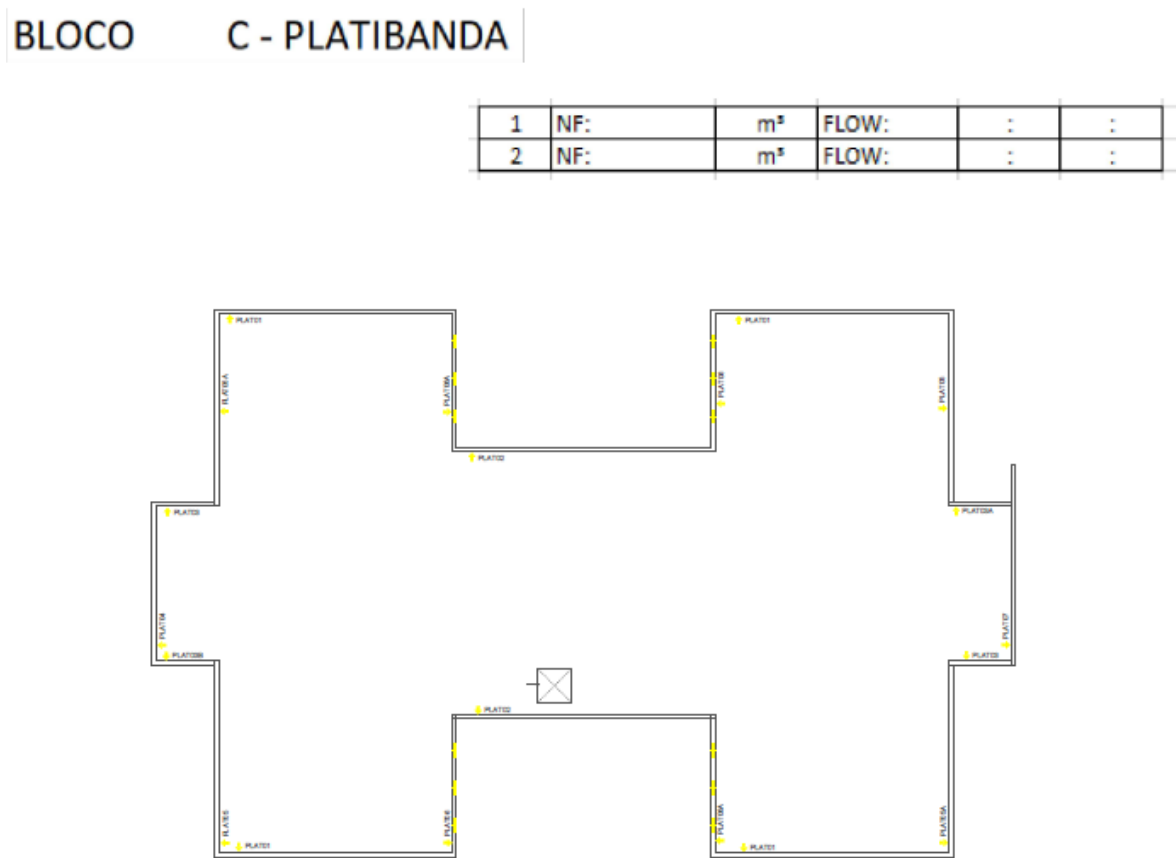
Figura 2.8.8.1.6 – Modelo de rastreabilidade para laje

BLOCO	C - LAJE	6	NF:	7 m ³	FLOW:	:	:
		7	NF:	7 m ³	FLOW:	:	:
		8	NF:	7 m ³	FLOW:	:	:
		9	NF:	m ³	FLOW:	:	:



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 2.8.8.1.7 – Modelo de rastreabilidade para platibanda



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

2.8.8.2 Controle de aceitação no estado endurecido

Segundo a ABNT NBR 16055 (2012) o controle de aceitação do concreto no estado endurecido de ser realizado conforme a ABNT NBR 12655 (2006), sendo comprovados os requisitos estabelecidos em projeto, no mínimo, pela comprovação do ensaio de resistência a compressão do concreto, a resistência na idade de desforma, especificada em projeto, e a resistência característica do concreto (*fck*), aos 28 dias de idade, considerando a divisão da estrutura em lotes. As figuras 2.8.8.2.1 e 2.8.8.2.2 mostram corpo de prova antes e depois do rompimento.

Complementarmente podem ser requeridos ensaios de caracterização como, determinação do modulo de elasticidade tangente inicial na idade de controle e com a carga determinada pelo projetista, conforme a ABNT NBR 8522 (2008), coeficiente de retração na idade de controle conforme a ASTM C 157 (2014), resistência a tração pela compressão diametral conforme ABNT NBR 7222 (2010), entre outros conforme requisição de projeto.

Figura 2.8.8.2.1 – Corpo de prova antes do rompimento



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 2.8.8.2.2 – Corpo de prova após o rompimento



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

2.8.9 Cura

Enquanto, não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra os agentes prejudiciais como mudanças bruscas de temperatura, vento, águas torrenciais, agentes químicos, choques e vibrações excessivas, dentre outros, de modo a evitar a perda de água pela superfície exposta, assegurar uma superfície com resistência adequada, e a formação de uma camada superficial durável (ABNT NBR 16055, 2012).

O processo de cura envolve alguns cuidados específicos, sendo importante seguir a ABNT NBR 14931 (2004) nos seguintes aspectos:

- Evitar sua secagem prematura, pelo menos nos primeiros sete dias;
- Manter a sua superfície umedecida, por meio da utilização de um processo de molhagem das peças ou, devido a sua proteção por uma película impermeável, ou agentes de cura, desde que estes não prejudiquem a aderência da peça com o revestimento previsto;

A cura do concreto deve sempre ser executada, sendo seu início previsto logo após a retirada das fôrmas, e em caso de lajes, após o acabamento do concreto, evitando a perda de água superficial, e consequentes efeitos devidos a retração hidráulica, possibilitando que este desenvolva resistência e durabilidade adequadas. Recomenda-se que a cura seja realizada o mais cedo possível devido à grande área de exposição das paredes e minimizando a possibilidade de ocorrência de fissuras superficiais (ABNT NBR 16055, 2012).

2.8.10 Não Conformidade

Segundo a ABCP (2008), as não conformidades em relação as normas técnicas devem ser identificadas claramente por meio do controle tecnológico do concreto sendo elas:

A. Trabalhabilidade inadequada

O concreto deve obedecer claramente às especificações previstas, sendo em casos de concretos com baixa trabalhabilidade, permitido o ajuste conforme ABNT NBR 7212 (2012). Para concretos com plasticidade superior ao especificado, a trabalhabilidade deve ser medida novamente, e em caso de confirmação o concreto deve ser rejeitado.

B. Resistência inferior a especificada em projeto

Certificar que o concreto atingiu a resistência prevista em projeto, e restringir as áreas onde o concreto não atingiu a resistência especificada, podendo ser esta à resistência para a desforma ou a resistência característica, especificadas por meio dos ensaios dos corpos de prova moldados no local.

Em casos de não conformidade quanto à resistência característica do concreto (f_{ck}), recomenda-se a avaliação da dureza superficial, ABNT NBR 7584 (2012), e testemunho de estruturas de concreto ABNT NBR 7680 (2015), a fim de verificar o comportamento da estrutura.

C. Massa específica diferente da de projeto

Se o concreto recebido possuir massa específica inferior à projetada, sua resistência à compressão estará comprometida, e em casos onde sua massa específica for superior ao estabelecido, seu desempenho termo acústico é influenciado. Logo, como as cargas transmitidas às fundações tem um aumento significativo, o concreto deve ser rejeitado em ambos os casos.

D. Teor de ar incorporado diferente da especificação

Esta situação é similar aos requisitos quanto a massa específica, pois um teor de ar incorporado superior ao especificado compromete a resistência a compressão do concreto e sua durabilidade, e um teor de ar incorporado menor, afeta em seu desempenho termo acústico, além das cargas transmitidas as fundações.

E. Cura insuficiente ou mal adequada

Quando esta etapa não é executada corretamente, os efeitos de superfície, como a retração hidráulica, prejudicam sensivelmente as propriedades do concreto endurecido, pois a fissuração gerada ocasiona uma diminuição tanto da resistência da peça quanto da durabilidade da mesma, devendo ser analisada conforme critérios da ABNT NBR 15575 (2013), ser reparada ou rejeitada.

2.9 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Os problemas patológicos surgem em qualquer tipo de construção, tendo sua maior ênfase nas edificações, podem se manifestar das mais diversas formas. Esses problemas podem ocorrer de forma simplificada, sendo de fácil identificação e reparo evidente. Ou podem apresentar-se também de maneira complexa, requerendo uma análise individualizada.

São vários os fatores que resultam em manifestações patológicas nas construções. MACHADO (2002) descreve as principais causas:

- Deficiência na execução dos projetos no que se refere às cargas atuantes, montagem errada da forma e ou falta de componentes estruturais, dimensionamento incorreto das estruturas, e ainda materiais e processos com descrições inadequadas;

- Ações térmicas internas (gradientes térmicos originados pelo calor de hidratação) e externas (variação sazonal de temperatura) atuando nas estruturas de concreto armado;
- Intemperismo, tais como variação de umidade, agentes atmosféricos diversos, agressões ambientais, entre outros.
- Utilização inadequada da construção (alteração da destinação, acréscimo das solicitações).

As principais manifestações patológicas do concreto armado serão analisadas de forma mais detalhada nos itens abaixo.

A. Dentes em painéis, deformações, quebra, exposições de agregados e desvio na planicidade na superfície

Após a desforma pode-se notar no concreto alguns tipos de deformações, quebras, exposições de agregados e dente entre painéis. Para correção desses problemas é necessário o seguinte procedimento:

- 1) Limpeza da superfície;
- 2) Aplicação de chapisco rolado com resina PVA (preparado conforme orientação do fabricante);
- 3) Após o tempo de cura do chapisco, aplicar a argamassa de regularização (colante tipo AC2) com desempenadeira de aço lisa;
- 4) Realizar simultaneamente o acabamento da regularização com auxílio de espuma.

B. Fissuras

O aparecimento de fissuras nas paredes de concreto pode ser devido à falta de aderência da pintura, retração da argamassa de revestimento. Como podemos ver na Figura 2.9.1.

Para a correção de fissuras se faz necessário o seguinte procedimento:

- 1) Aplicar massa acrílica em ambos os lados da fissura;
- 2) Sobre a massa acrílica colocar a tela poliéster com 10cm de largura com uma bandagem central (banho de PVC), que permite uma dilatação de até 100%;
- 3) Aplicar outra camada de massa acrílica sobre a tela.

Figura 2.9.1 – Fissura em parede



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

C. Trincas

Trincas podem ser causadas pelo recalque da laje, falta de resistência da laje, excesso de peso sobre a laje ou devido ao adensamento da argamassa de assentamento dos tijolos (Figura 2.9.2). As trincas, por representar a ruptura dos elementos, podem diminuir a segurança de componentes estruturais de um edifício, de modo que mesmo que seja quase imperceptível deve ter as causas minuciosamente pesquisadas. O processo corretivo para essa patologia segue o mesmo processo das fissuras.

Figura 2.9.2 – Trinca em piso



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

D. Pintura destacando

O uso de desmoldantes nas placas internas da fôrma é procedimento comum e necessário para facilitar na desforma e também no acabamento do concreto, mas pode prejudicar a aderência de camadas de revestimento. No entanto, o excesso de desmoldante é notório, fazendo-se necessário uma otimização no processo da aplicação do produto. Para evitar atrasos nas etapas seguintes, é essencial o lixamento da parede citada, recuperando assim, a capacidade de aderência aos revestimentos.

E. Nichos de concretagem

Conhecidos também como bicheiras, vazios de concretagem ou segregação. Esta falha pode apresentar-se puramente estética, mas também podem afetar a durabilidade e resistência das estruturas, que podem sofrer deformações ou até mesmo entrar em colapso (Figura 2.9.3). As causas do problema são falhas no processo de concretagem, devido ao lançamento e adensamento do concreto, mas esta manifestação patológica também pode ser causada por erro no detalhamento da armadura. O lançamento do concreto de alturas elevadas (superior a 2,0 metros), a dosagem inadequada (relação água/cimento elevada ou teor de aditivos) resultam um concreto sem coesão, peças esbeltas e/ou com formas complexas e o tamanho do agregado gráúdo superior ao espaçamento das armaduras são algumas das causas dos nichos de concretagem.

Figura 2.9.3 – Vazio de concretagem abaixo da abertura de uma janela



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

F. Armadura exposta

A ocorrência de patologia com ferragem exposta ocorre devido à falta de cuidados com o posicionamento da armadura, podendo ser por falta de espaçadores, sendo necessário a recuperação do mesmo para evitar a sua posterior corrosão (Figura 2.9.4).

Considerando-se que a próxima etapa construtiva é o revestimento em selador e massa para aplicação de textura, é essencial o devido tratamento desta não conformidade. Para a solução desse problema é indicado a aplicação de graute antes da aplicação do selador, e nos pontos ao entorno da patologia é indicado a aplicação de duas demãos de selador.

Figura 2.9.4 – Armadura exposta em piso



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

G. Juntas frias de concretagem

As juntas de concretagem se formam quando o lançamento do concreto é interrompido (Figura 2.9.5). Nesse caso, torna-se necessário tomar medidas que garantam a aderência entre os concretos novos e antigos. Para execução da junta, deve ser promovida a remoção manual de toda a camada superficial da nata de cimento (aspecto vitrificado) e agregados soltos, apicoando-se toda a superfície do concreto. Para melhores resultados, deverá ser executada na borda da junta de concretagem a retificação e acabamento em alinhamento e greide. Esse

procedimento poderá ser efetuado de duas formas: com a colocação de um sarrafo de madeira 3x3 cm na borda faceando com a junta de concretagem ou acabamento com máquina de corte após a concretagem. O aspecto final do substrato de concreto deverá estar com a nata de cimento removida e os agregados firmes e aparentes. Para melhor desempenho das juntas de concretagem, poderá ser aplicado um Selante Expansivo para garantir melhor vedação da estrutura, onde deverá ser executado um cordão contínuo e centralizado na face da junta tratada. CESAN (2011).

Figura 2.9.5 – Junta fria de concretagem em parede



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

H. Exsudação

A exsudação é a saída da água de hidratação do concreto, formando uma lâmina d'água sobre a peça concretada, como é apresentado na figura 2.9.6. Esta manifestação patológica ocorre quando há o excesso de vibração e elevada relação água/cimento, sendo que sua principal consequência é a formação de fissuras de retração plástica. Por densidade, pedra e areia tendem a descer na pasta de cimento e uma parte da água que não está sendo usada na reação de hidratação do cimento aflora na superfície e evapora fazendo com que o concreto se retraia (ELMOR, 2010).

Figura 2.9.6 – Exsudação do concreto



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

3 METODOLOGIA

Para atender os objetivos do presente trabalho, elaborou-se a metodologia a seguir descrita. As principais etapas foram: escolha de um empreendimento, caracterização do empreendimento, coleta de dados no canteiro de obras, análise dos dados obtidos, análises das principais causas de manifestações patológicas e vícios construtivos e, finalmente, propostas de melhorias.

3.1 ESCOLHA DO EMPREENDIMENTO

A escolha do empreendimento a ser estudado baseou-se principalmente na tipologia construtiva (paredes de concreto), bem como a existência de um consistente Sistema de Gestão da Qualidade e o conjunto de conhecimentos práticos do sistema de paredes de concreto adquirido pela construtora ao longo dos anos.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A empresa possui participação em diferentes setores da engenharia há mais de 20 anos, atuando na área de prestação de serviço, construção e incorporação imobiliária, desenvolvimento urbano, energia, saneamento básico e soluções financeiras, possuindo certificações como o Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9001, PBQP-H Nível A, Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001 e Gestão de Saúde e Segurança no Trabalho OHSAS 18001.

Já ganhou prêmios importantes como o prêmio da Câmara Brasileira da Indústria da Construção, o Prêmio CBIC de Responsabilidade Social 2013; e o Prêmio ECO 2007, da Câmara Americana de Comércio. Possui também Medalha do Mérito Ecológico Sullivan Silvestre de Oliveira, Diploma de Mérito Ambiental e Empresa Amiga do Meio Ambiente.

O empreendimento estudado fica localizado na região sudoeste de Goiânia (saída para Aragoiânia, GO-040), com área construída igual a 32401,25 m², em um terreno de 26001,22 m². É composto por 31 blocos, com 4 pavimentos, construídos em parede de concreto, sendo que a obra iniciou em 01/01/2018 e finalizou em 31/05/2019 (Figura 3.2.1).

No total são 496 unidades habitacionais, distribuídas em duas tipologias:

- Apartamento de dois quartos com área total de 46,28 m²;
- Apartamento de dois quartos (PNE) com área total de 46,28 m²;

Figura 3.2.1 – Empreendimento do Estudo de Caso



Fonte: Toctao Engenharia (2018)

3.3 PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO E INSPEÇÃO DE SERVIÇOS

Para maior compreensão da logística de produção e controle em campo, é apresentado abaixo os procedimentos de execução, inspeção e controle produzido pela construtora Toctao Engenharia. Tais procedimentos serão úteis na análise em campo, no que se refere ao entendimento de como a empresa se organiza para avaliar o método construtivo e sua aplicação prática.

No Procedimento de Execução e Inspeção de Serviços da obra é analisado primeiramente os documentos de referências, são eles:

- Projeto Estrutural e Arquitetônico;
- Projeto do fabricante da forma metálica;
- Projeto de instalações elétricas e hidráulicas;
- ABNT NBR 16.055 – Parede de Concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos;
- Especificações Técnicas.

Após essa etapa são analisados os seguintes equipamentos:

- Rolo com cabo;
- Baldes;
- Parabolts;
- Chave de alinhador;
- Martelo;
- Nivelador (pé de cabra);
- Sistema de segurança;
- Desformador;
- Saca faquetas;
- Posicionador (hidrossanitário).

Posteriormente são analisados os seguintes materiais, de acordo com as especificações técnicas de projeto:

- Painéis metálicos;
- Acessórios para forma:
 - Pinos;
 - Cunhas;
 - Faquetas;
 - Suportes de sustentação;
 - Camisinha;
 - Tensor de porta;
 - Alinhadores;
 - Aprumadores.
- Esquadro;
- Trena metálica;
- Furadeira;
- Pino de aço;

- Escoras metálicas;
- Desmoldantes;

Quanto ao Método Executivo, as seguintes etapas são consideradas:

A. Condições para início dos serviços

O radier e as lajes devem estar limpos, com todas as passagens de instalações já conferidas e grauteadas (se necessário) e marcação topográfica das extremidades dos 4 cantos da extremidade do prédio.

B. Execução dos Serviços

Após concretagem do Radier, equipe de topografia irá marcar os quatro cantos das extremidades das paredes e a junta geminada (quando houver) para iniciar a marcação das paredes. Com a trena metálica e com o projeto estrutural de fôrma em mãos, deverá ser executada a marcação de todas as faces das paredes, com linha de pedreiro pintada com xadrez vermelho, para a marcação ficar bem evidente no concreto do Radier e/ou laje.

Posicionar os espaçadores plásticos para forma de concreto GF10 no radier e fixar com parafuso no concreto.

Fazer a armação das paredes de acordo com projeto estrutural (Ficar atento quanto a posição dos arranques e observações de projeto, como por exemplo, a necessidade ou não de colagem com adesivo epóxi, reforços de cantos de janelas e portas, previsão de ar condicionado, etc).

Execução das instalações elétricas e hidráulicas e execução das passagens de acordo com projeto específico.

Após esses serviços executados e conferidos, começa a montagem das formas metálicas. Seguindo os procedimentos descritos abaixo.

Paredes e Lajes

1. Passar desmoldante nos painéis, antes do início da montagem da forma;
2. Iniciar a montagem da forma pelo seu centro;
3. Posicionar as formas no alinhamento correto conforme a marcação;
4. Travar os painéis entre si, através de pinos e cunhas;
5. Posicionar faquetas com as camisinhas entre os painéis externos e internos e travá-las com pinos e cunhas;
6. Onde não houver previsão de faquetas, os painéis precisam ser travados com suporte de sustentação;

7. Atentar para o perfeito alinhamento, esquadro e prumo dos painéis;
8. Ao posicionar os painéis, ter cuidado para não danificar as instalações (eletrodutos e caixas);
9. Posicionar as tampas de janelas e portas, atentar para o lado correto do recuo de porta. Se o sistema de esquadrias de alumínio for do tipo SIPAC (Sistema Integrado Parede de Concreto), posicionar o gabarito para a esquadria conforme projeto específico;
10. Posicionar os esquadros, alinhadores, tensores de portas;
11. Com as formas das paredes já montadas, iniciar a montagem dos painéis das lajes;
12. Iniciar pelos painéis “canto laje” e posicionar os demais painéis conforme o projeto.
13. Travar os painéis entre si através de pinos e cunhas;
14. Posicionar as escoras conforme projeto e ajustá-las de forma que os painéis fiquem nivelados, garantindo também o pé direito do apartamento;
15. Passar o desmoldante na superfície dos painéis da laje que ficarão em contato com o concreto;
16. Durante a montagem verificar algum defeito nos painéis que possam prejudicar a concretagem.

Montagem de Escada

1. Passar o desmoldante nos painéis;
2. Iniciar a montagem da escada pelos painéis da rampa e laterais;
3. Travar os painéis entre si através de pinos e cunhas;
4. Verificar a armação das rampas;
5. Posicionar os painéis e iniciar a montagem dos degraus da escada e travando-os com pinos e cunhas;
6. Posicionar as escoras sob a rampa, conforme projeto;
7. Fixar os suportes de sustentação nas laterais das paredes;
8. Fixar os parabolts no 1º degrau e na parte lateral em quantidade definida em projeto.

Desforma

1. Verificar se o concreto atingiu a resistência determinada em projeto;
2. Iniciar retirando os acessórios (pinos, cunhas e alinhadores);
3. Iniciar a desforma pelo painel de desforma da parede, utilizando o desformador. Não usar martelo;
4. Após a desforma das paredes, iniciar a desforma da laje retirando as peças, e por último as peças canto-laje;

5. As escoras deverão permanecer, conforme especificado em projeto;
6. A escada deverá ser desformada em paralelo com a parede;
7. Após a retirada do canto-laje, onde tiver o painel de ciclo, inserir a trava dupla, fixando com pino e cunha;
8. Os painéis de ciclo deverão permanecer fixado, até o momento da concretagem do andar superior, para garantir o alinhamento e travamento dos painéis das paredes;
9. Verificar se não houve brocas ou falhas na concretagem;
10. Durante a desforma ter cuidado ao manusear os painéis, não arremessar os mesmos contra a laje ou piso;
11. Durante a descida das formas de um bloco para o outro utilizar cordas para a mesma, não arremessar os painéis.

Sistema de Segurança para Concretagem a partir do 2º Pavimento

1. O sistema de segurança e os andaimes deverão ser montados logo após a desforma;
2. Iniciar a montagem pelo console (mão francesa) e fixar também o console da linha de vida, ela é fixada com pino e cunha e travas nas paredes já concretadas;
3. A linha de vida será fixada com cabo de aço;
4. Posicionar os apoios tubulares para a sustentação do piso metálico;
5. Posicionar os pisos metálicos sobre os suportes de sustentação;
6. Fixar as barras de guarda corpo e também as grades de proteção;
7. Montar as grades de proteção antes de todas as concretagens (Inclusive 1º Pavimento).

Sendo assim, a figura 3.3.1, mostra os itens de inspeção que são analisados nas FVs.

Figura 3.3.1 – Itens de Inspeção das Fichas de Verificação

ITEM	VERIFICAÇÃO	METODOLOGIA E CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO
1	Condições para o início do serviço	Radier limpo, instalações grauteadas e conferidas, e locação de alguns pontos topográficos.
2	Locação	Conferência através da trena.
3	Armação das paredes	Conferir posição de telas, arranques, armaduras e espaçadores conforme projeto estrutural.
4	Instalações	Conferir pontos e passagens conforme projeto de instalações.
5	Montagem de Forma	Conferir posição dos painéis conforme projeto específico do fabricante.
6	Alinhamento, travamento e esquadro.	Conferir posição de alinhadores, fixação dos esquadros e travamento e pinos e cunhas, e travamento da escada.
7	Armação da Laje	Conferir posição de telas, armaduras e espaçadores conforme projeto estrutural.
8	Desforma	Após a desforma verificar a aparência de brocas
9	Segurança	Verificar se o sistema de segurança está montado corretamente

Fonte: Toctao Engenharia (2018)

3.4 COLETA DE DADOS NO CANTEIRO

A primeira fase da coleta de dados consistiu no estudo do procedimento de execução de serviço para paredes de concreto da construtora, bem como dos métodos de avaliação desta etapa de obra constantes no Sistema de Gestão de Qualidade da empresa. A mesma se disponibilizou a fornecer os dados e a participar de todo o processo.

O bloco escolhido para coleta de dados foi o Bloco 14B, como é apresentado na figura 3.4.1, devido ao período em que o mesmo foi construído. Porém, para maior abrangência no sentido de englobar o maior número de manifestações patológicas foi analisado também manifestações patológicas nos Blocos 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A, 4B, 4C, 5A, 5B, 5C, 6A, 6B, 7A, 7B, 8A, 8B, 9A, 9B, 10A, 10B, 11A, 11B, 12A, 12B, 13A, 13B, 14A, 14B, 14C, 15A e 15B.

Figura 3.4.1 – Bloco 14B



Fonte: Toctao Engenharia (2018)

A primeira fase foi o acompanhamento em campo do processo de montagem das armaduras, das fôrmas, assim como o processo de desfôrma e concretagem, a fim de entender qual a sistemática adotada pela obra. O acompanhamento das concretagens aconteceu no mês de outubro de 2018.

Na etapa de concretagem, foi identificado que o ciclo de concretagens estava sendo de 24 horas, ou seja, todo dia era realizado a desmontagem/montagem da fôrma e concretagem de um pavimento da obra. Logo, em um mesmo dia podia ser observado todas as etapas do processo construtivo. Por um lado, esse fator facilitou na compreensão da coordenação do processo construtivo, mas por outro impossibilitou a coleta de dados através de um formulário próprio do autor do trabalho, pois havia mais de uma atividade relacionada à estrutura sendo executada ao mesmo tempo (Ex.: enquanto era concretado um pavimento, era montada a armação do próximo pavimento a ser concretado no dia seguinte) . Assim, foi definido que seriam utilizados os dados de rastreabilidade do concreto, bem como as Fichas de Verificação de Serviço (FVS) preenchidas pela própria obra como fonte de dados analíticos para o estudo.

No momento da concretagem, antes de liberar o caminhão betoneira, foi realizado o *flow test* pelo técnico do laboratório terceirizado de controle tecnológico montado no próprio canteiro de obra. Em seguida, ainda pelo técnico do laboratório, foram moldados os corpos de prova de diâmetro 10 x 20 centímetros de altura para realização dos ensaios de resistência à compressão. Os resultados de ambos os ensaios foram fornecidos e analisados de maneira quantitativa e qualitativa.

As FVS foram preenchidas pelos estagiários e encarregados responsáveis pelos serviços. Em todas as atividades existe uma série de itens a serem avaliados bem como as tolerâncias e onde se encontram as referências de Procedimento de Execução do Serviço (PES) referente à atividade. Os itens devem ser avaliados por apartamento e deve ser indicada a data de início do serviço, informação da inspeção (aprovado, reprovado ou não se aplica) e data de término do serviço. Em caso de reprovação ou não conformidade, deve ser descrito o problema, a correção proposta e informada a reinspeção.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

A partir dos dados coletados por meio das FVs, foi realizada a organização das informações de forma a possibilitar a visualização dos itens que foram reprovados. Esse procedimento facilitou a localização das não conformidades expostas pelas FVs. Nenhum dado amostral foi descartado e para cada item de avaliação foram identificadas as possíveis

manifestações patológicas e falhas associadas e qual seria uma forma de mitigar essas ocorrências.

Dada a identificação dos itens com maior incidência de falhas durante a verificação e recebimento dos serviços, foi feita uma análise de quais manifestações patológicas poderiam surgir relacionadas às reprovações não corrigidas. Nesse sentido, foi analisada também a causa associada ao próprio procedimento de execução do serviço, e não somente às reprovações.

A fim de identificar as falhas da própria FVS e do procedimento de execução do serviço, foi feita também uma análise inversa das manifestações patológicas, identificando a partir de inspeção visual quais foram as principais manifestações, suas possíveis causas e qual ação preventiva poderia ser adotada no aspecto de evitar o não aparecimento das mesmas.

3.6 PROPOSTAS DE MELHORIAS

Após a etapa de Análise de Dados, foram feitas propostas de melhorias no procedimento de execução do serviço da obra, adequando as recomendações normativas da NBR 16055 ao ciclo de produção. Também foi proposto melhorias nos itens avaliados nas Fichas de Verificação de Serviço.

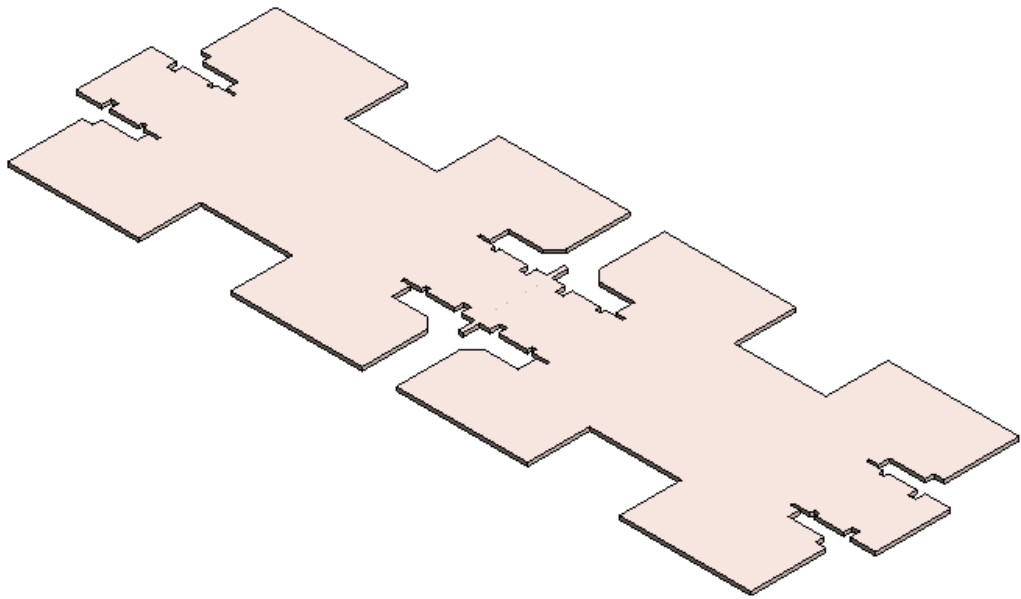
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo visa apresentar e analisar os resultados obtidos a partir da coleta dos dados em campo, utilizando a metodologia exposta no capítulo anterior, a fim de alcançar os objetivos propostos por este trabalho.

4.1 EVOLUÇÃO DA EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS EM PAREDE DE CONCRETO

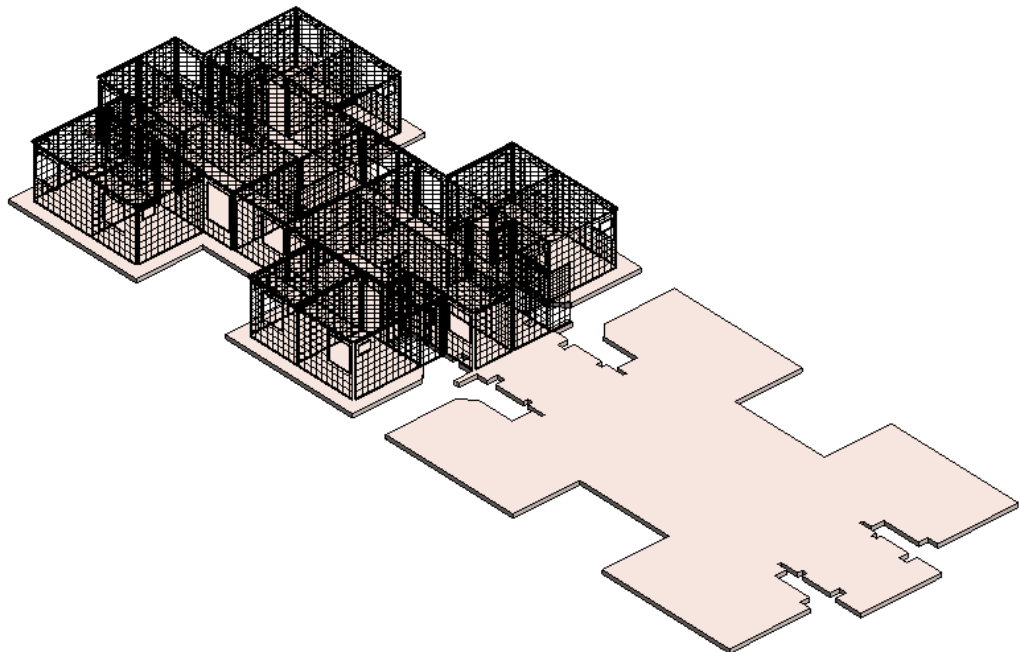
Foi observado em obra que o processo para concretagem de um pavimento da obra girava em torno de 24 horas. Assim os serviços de montagem de armação, montagem da fôrma, desforma e concretagem eram repetidos diariamente. De forma que em 12 dias corridos, 2 blocos com 4 pavimentos cada, eram concluídos (incluindo a platibanda). As figuras de 4.1.1 à 4.1.13, exemplificam o processo observado em obra.

Figura 4.1.1 – Dia 00 (Nivelamento da superfície)



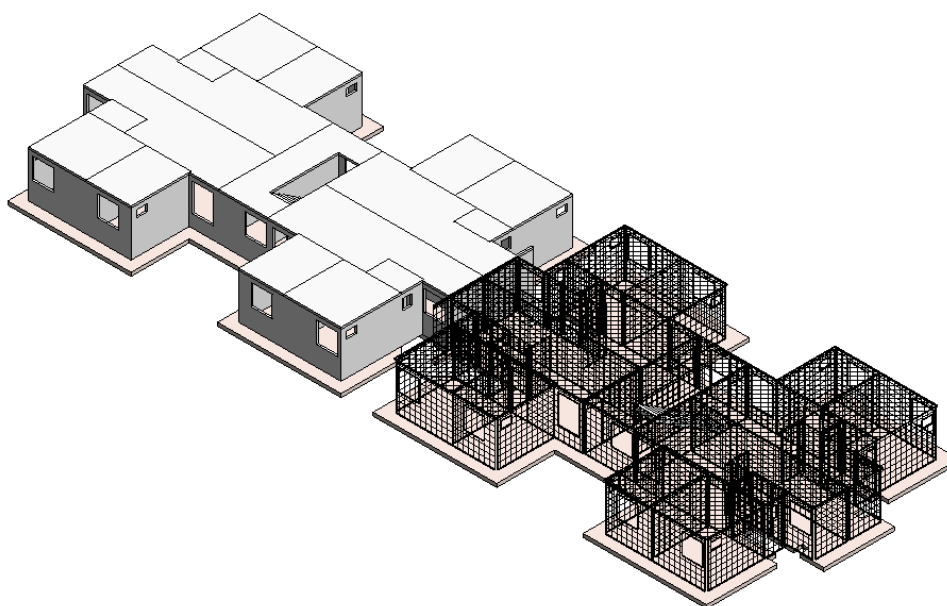
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.1.2 – Dia 01 (Armação de Parede)



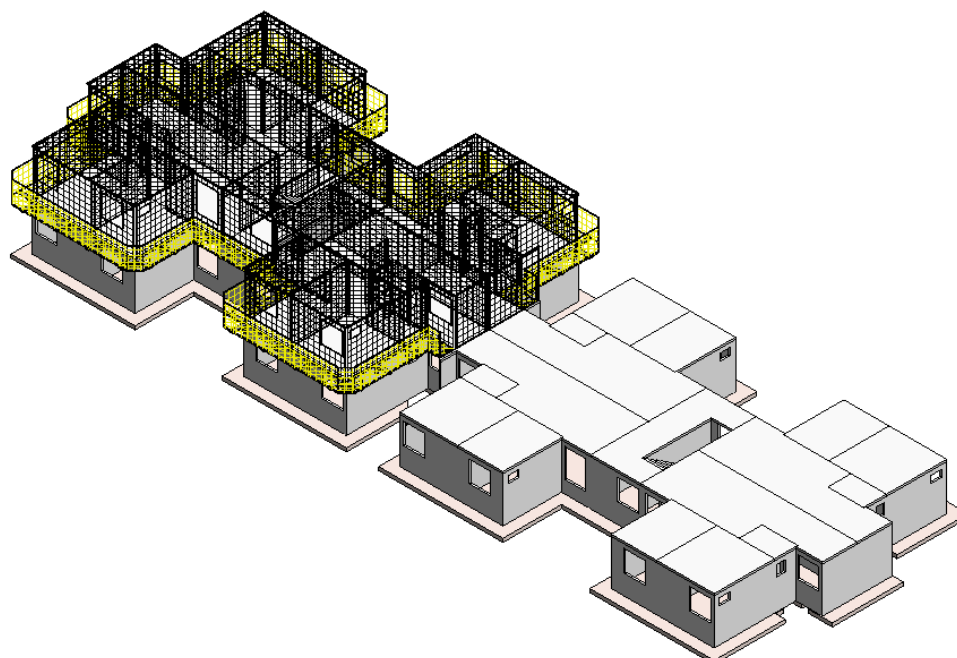
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.1.3 – Dia 02 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)



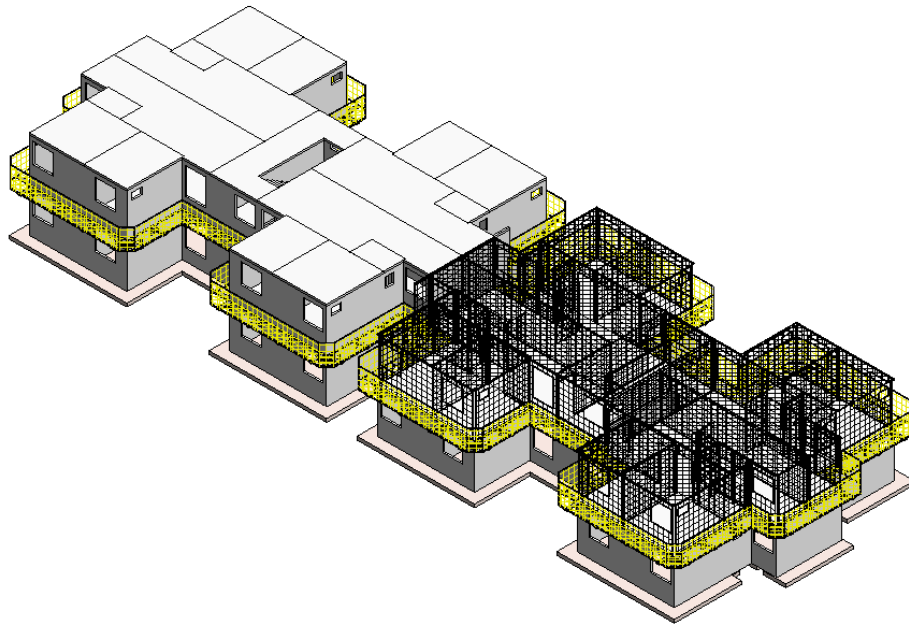
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.1.4 – Dia 03 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)



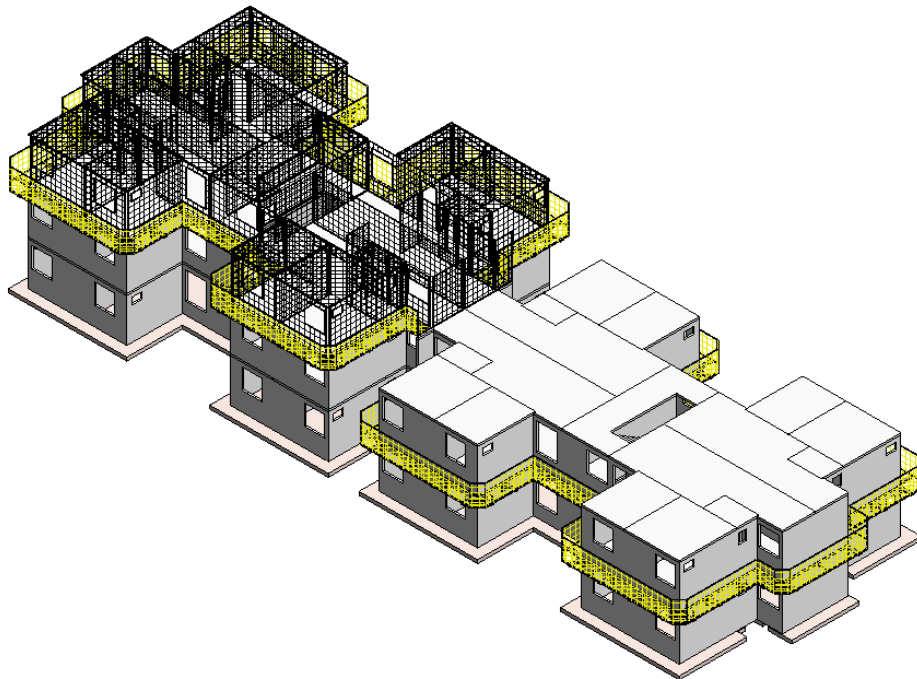
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.1.5 – Dia 04 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)



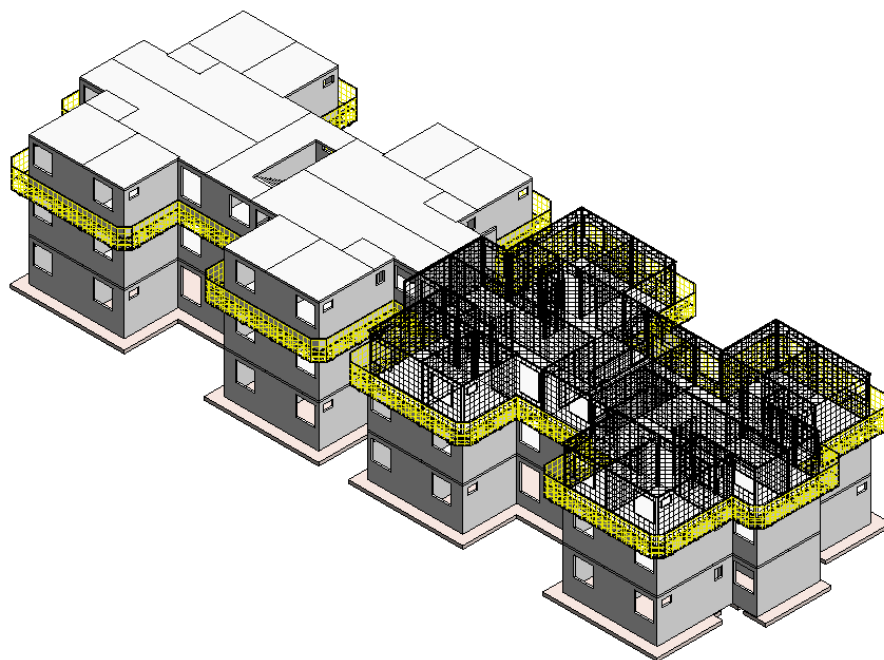
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.1.6 – Dia 05 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)



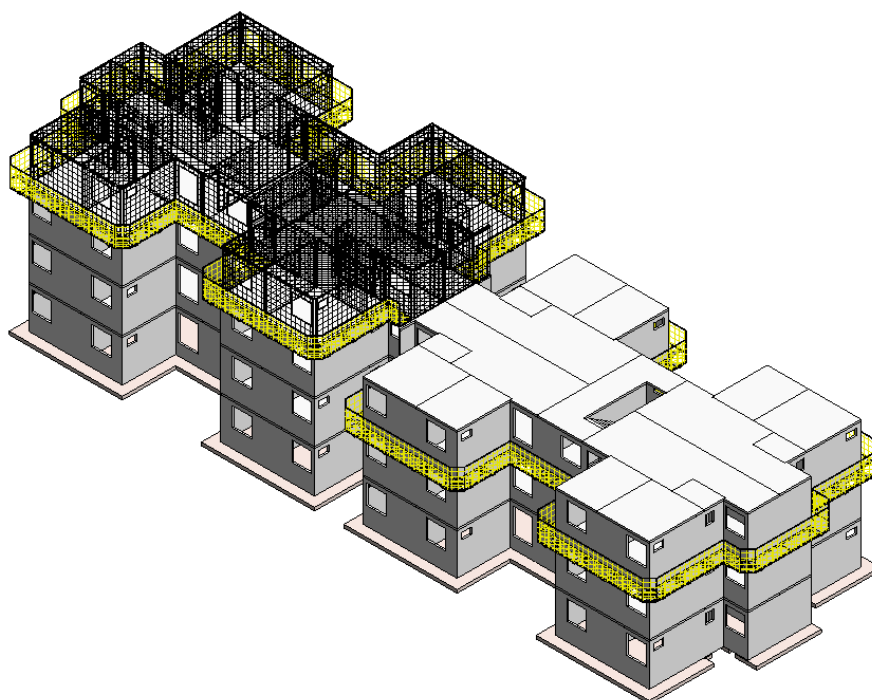
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.1.7 – Dia 06 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)



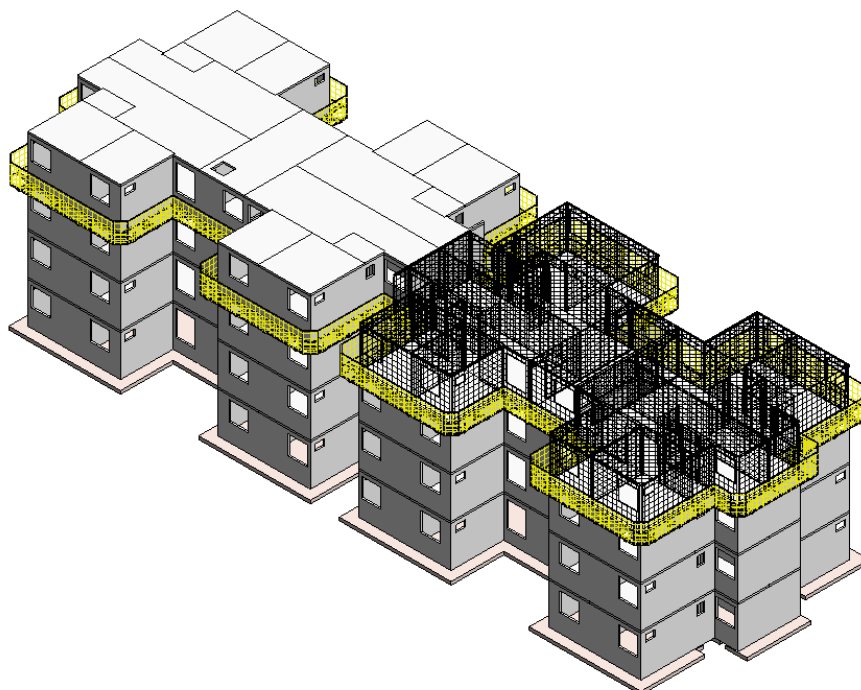
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.1.8 – Dia 07 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)



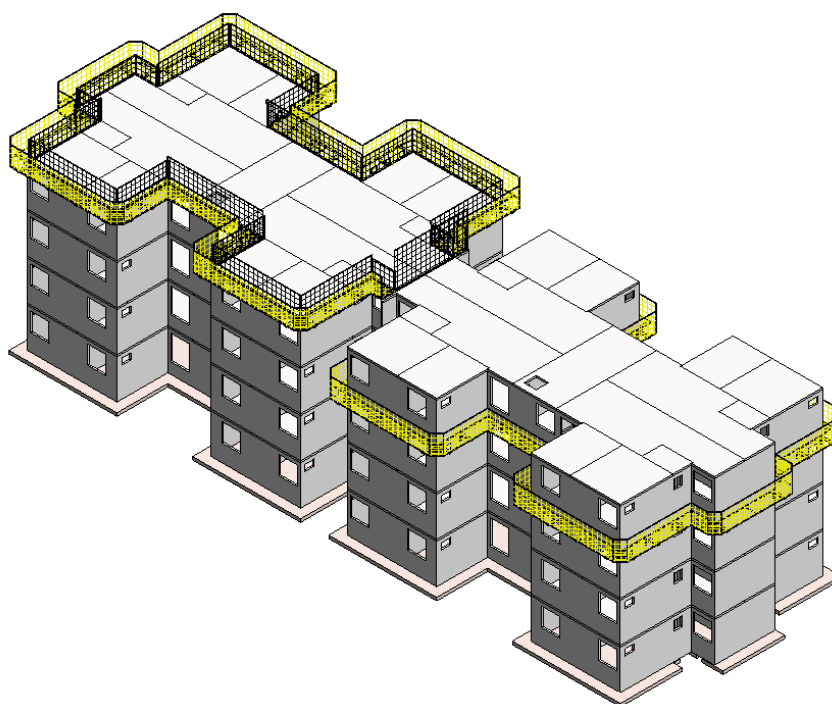
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.1.9 – Dia 08 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)



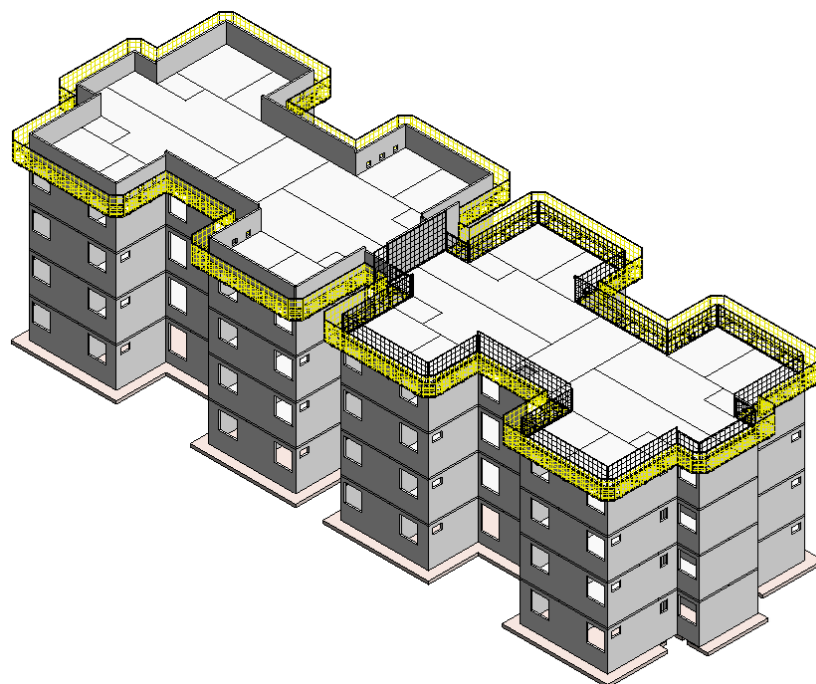
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.1.10 – Dia 09 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)



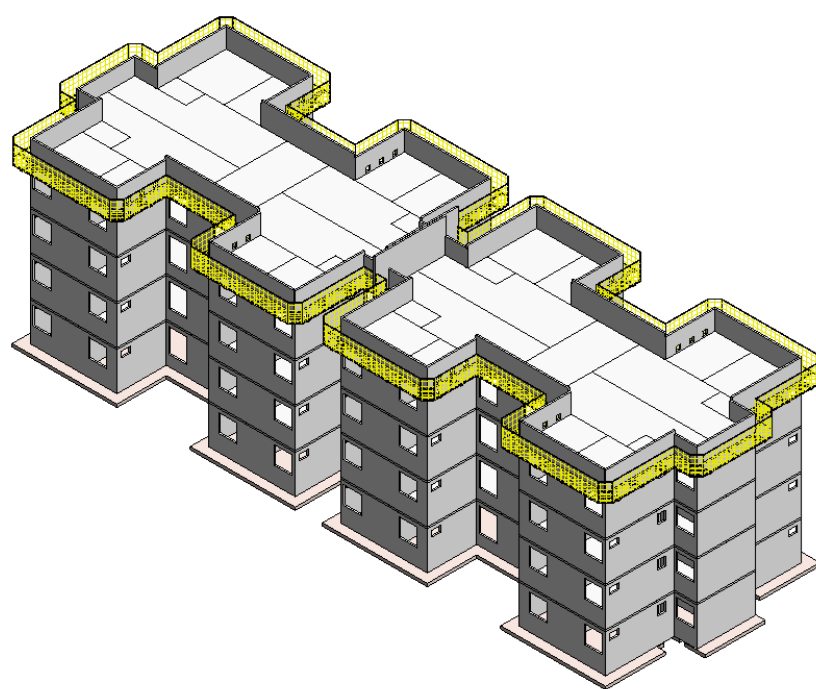
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.1.11 – Dia 10 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)



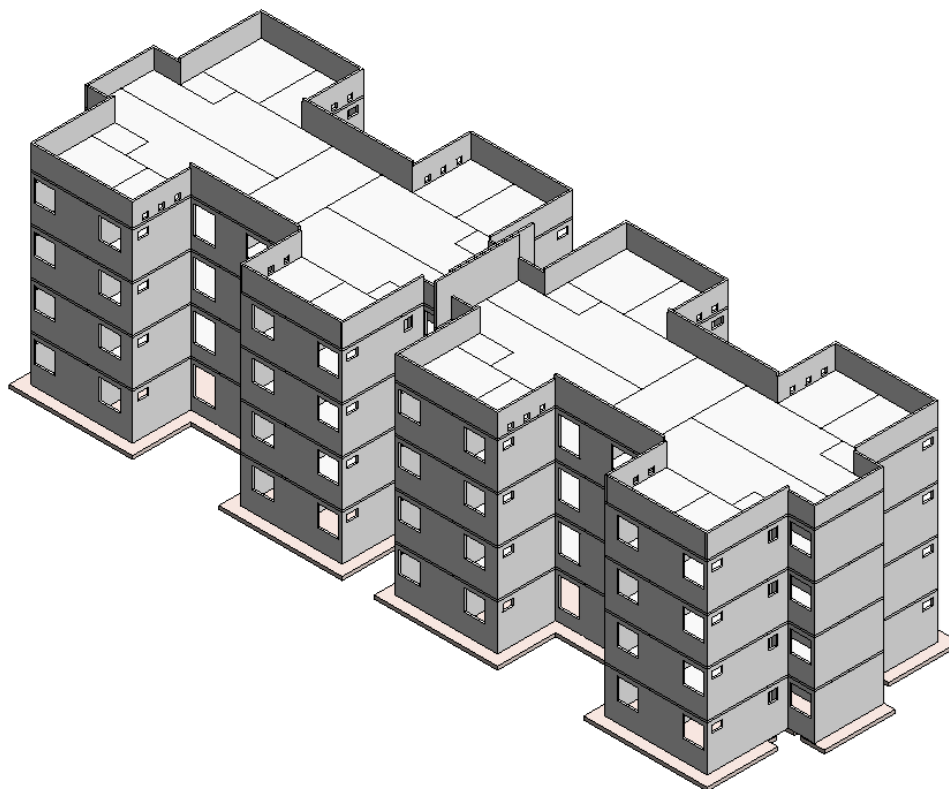
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.1.12 – Dia 11 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.1.13 – Dia 12 (Armação de Parede e Montagem de Fôrma)



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

4.2 EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS EM PAREDE DE CONCRETO

Para melhor compreensão da execução das estruturas em paredes de concreto, foi dividido as etapas do processo em 4 grupos (Montagem da Armação de Parede, Montagem da Fôrma, Montagem da Armação de Laje e Concretagem). Assim, a seguir será apresentado a cronologia, duração dos serviços e também o quantitativo de funcionário usados em cada etapa.

4.2.1 Montagem da Armação de Parede

A primeira etapa da execução da estrutura foi a execução das linhas de marcação de todas as paredes de um bloco, com uso de linha de pedreiro (nylon) e pó xadrez de cor destacável, como é apresentado na figura 4.2.1.1. Nessa etapa, foram utilizados 2 armadores para execução do serviço, o mesmo teve duração de uma hora, com início às 07:00 e fim às 08:00.

Figura 4.2.1.1 – Marcação de parede



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

A partir das linhas, ocorreu a perfuração da laje para fixação dos arranques, os arranques utilizados foram barras de ferro com diâmetro de 8mm e comprimento de 30cm de arranque. Tal tarefa ocorre simultaneamente a marcação das paredes, a atividade teve início às 07:30 e fim às 08:10, para execução foram necessários outros 2 armadores. A Figura 4.2.1.2 ilustra o processo.

Figura 4.2.1.2 – Perfuração da laje para fixação dos arranques



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Após a perfuração, foram fixados os arranques com a utilização de adesivo EPOX. Esse serviço foi executado pelos mesmos 2 armadores que marcaram as linhas das paredes. A atividade teve início às 08:00 e fim às 08:30 (Figura 4.2.1.3 – Fixação dos arranques).

Figura 4.2.1.3 – Fixação dos arranques



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Simultaneamente a fixação dos arranques, foram colocados distanciadores para fôrma, faceando a marcação, os quais irão guiar a montagem da fôrma. Foram utilizados espaçadores com 100mm de diâmetro, que foram fixados com o uso de prego. Tal atividade foi executada por um armador, entre as 08:00 e 08:30. A Figura 4.2.1.4 ilustra o uso dos distanciadores de plástico.

Figura 4.2.1.4 – Fixação dos espaçadores (Ø10cm)



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

A próxima etapa foi o transporte das telas para a armação das paredes, para isso foi necessário à utilização de caminhão Munck. Logo, participaram dessa atividade o operador do caminhão e mais um armador, a tarefa teve início às 08:30 e finalizou às 09:00 (Figura 4.2.1.5 – Transporte de telas da armadura da parede).

Figura 4.2.1.5 – Transporte de telas da armadura da parede



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

O próximo passo foi a montagem das armações das paredes, centralizando as telas, conforme especificação do projeto (as telas utilizadas para as paredes foram a Q92). Na laje do pavimento inferior foram deixadas pontas de vergalhões sobressalentes com o objetivo de auxiliar a montagem da armadura do pavimento superior (Figura 4.2.1.6 – Amarração da tela da armadura de parede). Dessa maneira, as telas foram “amarradas” ao vergalhão para manter-se na posição adequada (vertical e sobre o eixo). Nessa atividade foram necessários 4 armadores (1 por apartamento), sendo que a atividade iniciou às 09:00 e teve duração de uma hora e meia.

Figura 4.2.1.6 – Amarração da tela da armadura de parede



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Após a instalação das telas, foram colocados os espaçadores de parede com diâmetro de 100mm, cuja função é a de manter a armação no eixo da parede após a concretagem. A tarefa ocorre simultaneamente a amarração das telas, sendo executada por um ajudante, com é apresentado na figura 4.2.1.7.

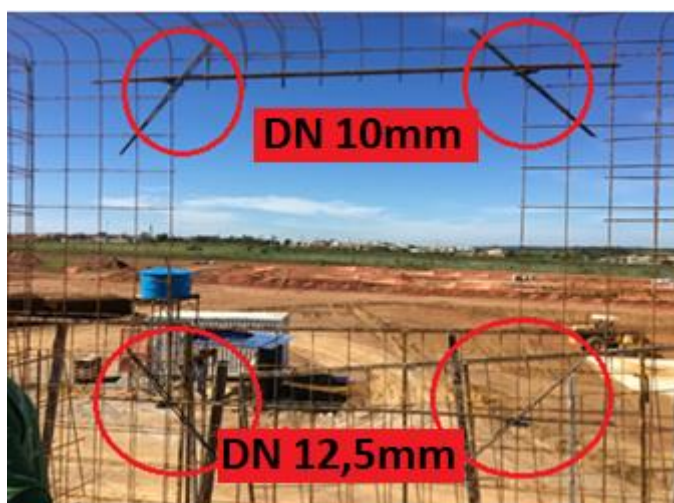
Figura 4.2.1.7 – Instalação dos espaçadores de parede



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

A próxima etapa foi a instalação da armadura de reforço nas aberturas (Figura 4.2.1.8 – Reforço e corte da armadura de reforço de janelas e portas). Para isso foi utilizado barras de ferro de diâmetro 12,5mm para o reforço inferior e barras de ferro de diâmetro 10mm para os reforços superiores. O serviço foi executado pelos mesmos armadores após o termino da instalação das armaduras, tal atividade se iniciou às 10:30 e se encerrou as 11:30. Sendo necessário primeiramente o corte da tela de parede e posteriormente a amarração dos vergalhões nas aberturas.

Figura 4.2.1.8 – Reforço e corte da armadura de reforço de janelas e portas



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Após finalizada a amarração das telas, começou a instalação dos eletrodutos para passagem do cabeamento elétrico e das caixas elétricas (Figura 4.2.1.9 – Instalação do kit elétrico). A atividade foi executada por 5 eletricitistas, sendo que teve início às 11:00 e finalizou às 12:00.

Figura 4.2.1.9 – Instalação do kit elétrico



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

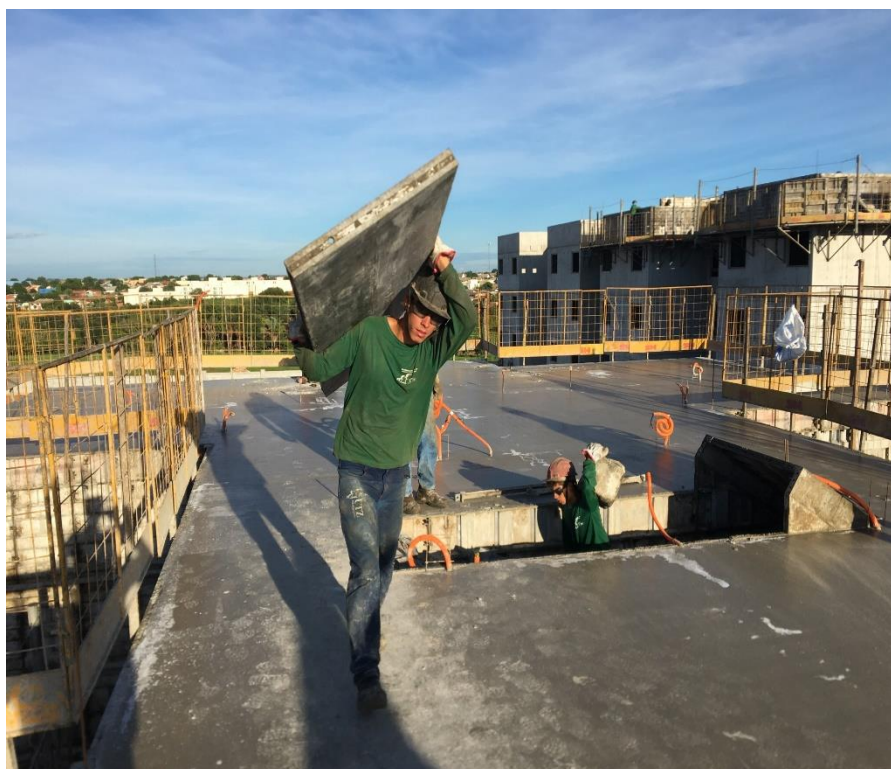
Após finalizada a instalação do kit elétrico, ocorreu a inspeção final da montagem da armação da parede. Nessa etapa o encarregado de armação que acompanhou todo processo, verifica o resultado final. Verificando se o kit elétrico foi instalado adequadamente seguindo projeto, se as telas foram instaladas adequadamente, bem como se as armaduras de reforço e espaçadores estão como em projeto. Se os itens descritos acima estiverem de acordo com projeto, o encarregado assina a liberação para a etapa de montagem da fôrma, essa etapa se iniciará no dia seguinte no turno matutino. No entanto é importante salientar, que a etapa de montagem de fôrma ocorre simultaneamente com a montagem da armadura de parede, porém elas ocorrem em blocos diferentes (Ex.: Enquanto ocorre a armação de parede no Bloco 2A Pav.1, também está sendo executado a montagem de fôrma no Bloco 2B Pav.1).

4.2.2 Montagem da Fôrma

Com as telas posicionadas, é feita a montagem das fôrmas. Para tal serviço foram necessários 25 montadores internamente e 10 montadores externamente, sendo que a atividade iniciou às 06:00 e encerrou às 12:00. Diferentemente da montagem da armadura de parede que possui atividades que seguiam uma ordem cronológica, na montagem da fôrma as atividades vão ocorrendo simultaneamente.

A primeira etapa foi o transporte dos alinhadores, esquadros, tensores e painéis. As peças transportadas pelos colaboradores, seguem a ordem das quem irão serem montadas, ou seja, primeiro é transportado os painéis de parede e por último os de laje. (Figura 4.2.2.1 – Transporte de peças). Tal atividade se iniciou às 06:00 e se encerrou às 10:00.

Figura 4.2.2.1 – Transporte manual de peças



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Com os painéis em seu local de moldagem, ocorreu a aplicação do desmoldante nas peças da fôrma. Foi utilizado pela obra em estudo o AG-desmoldante ECO, da marca Coplas, o qual, segundo o fabricante, é atóxico e biodegradável, à base de matérias-primas de origem vegetal e indicado para o sistema construtivo de paredes de concreto. A figura 4.2.2.2 exemplifica o processo.

Figura 4.2.2.2 – Aplicação do desmoldante nos painéis



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Após a aplicação do desmoldante, começou a montagem dos painéis das paredes (Figura 4.2.2.3 – Montagem dos painéis). Para realizar o serviço utiliza como guia os a numeração nas placas (indica a ordem de cada painel). A atividade teve início às 07:00 e término às 11:00.

Figura 4.2.2.3 – Montagem dos painéis



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Com os painéis já montados, ocorreu o travamento dos painéis das paredes (conjunto gravata + cunha + pino). A atividade acompanha a montagem dos painéis (Figura 4.2.2.4 – Travamento da fôrma).

Figura 4.2.2.4 – Travamento da fôrma



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Quando uma das faces da parede já está montada (seja ela interna ou externa), ocorre a instalação dos gabaritos das janelas. Essa atividade acompanha também a montagem da fôrma (Figura 4.2.2.5 – Locação dos gabaritos).

Figura 4.2.2.5 – Locação dos gabaritos



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Após finalizado a montagem dos painéis da parede, iniciou a montagem e travamento do “canto/laje”. Essa importante parte da fôrma é o elo de ligação entre os painéis de parede e laje (Figura 4.2.2.6 – Canto/Laje). Essa atividade teve início às 09:30 e término às 10:30.

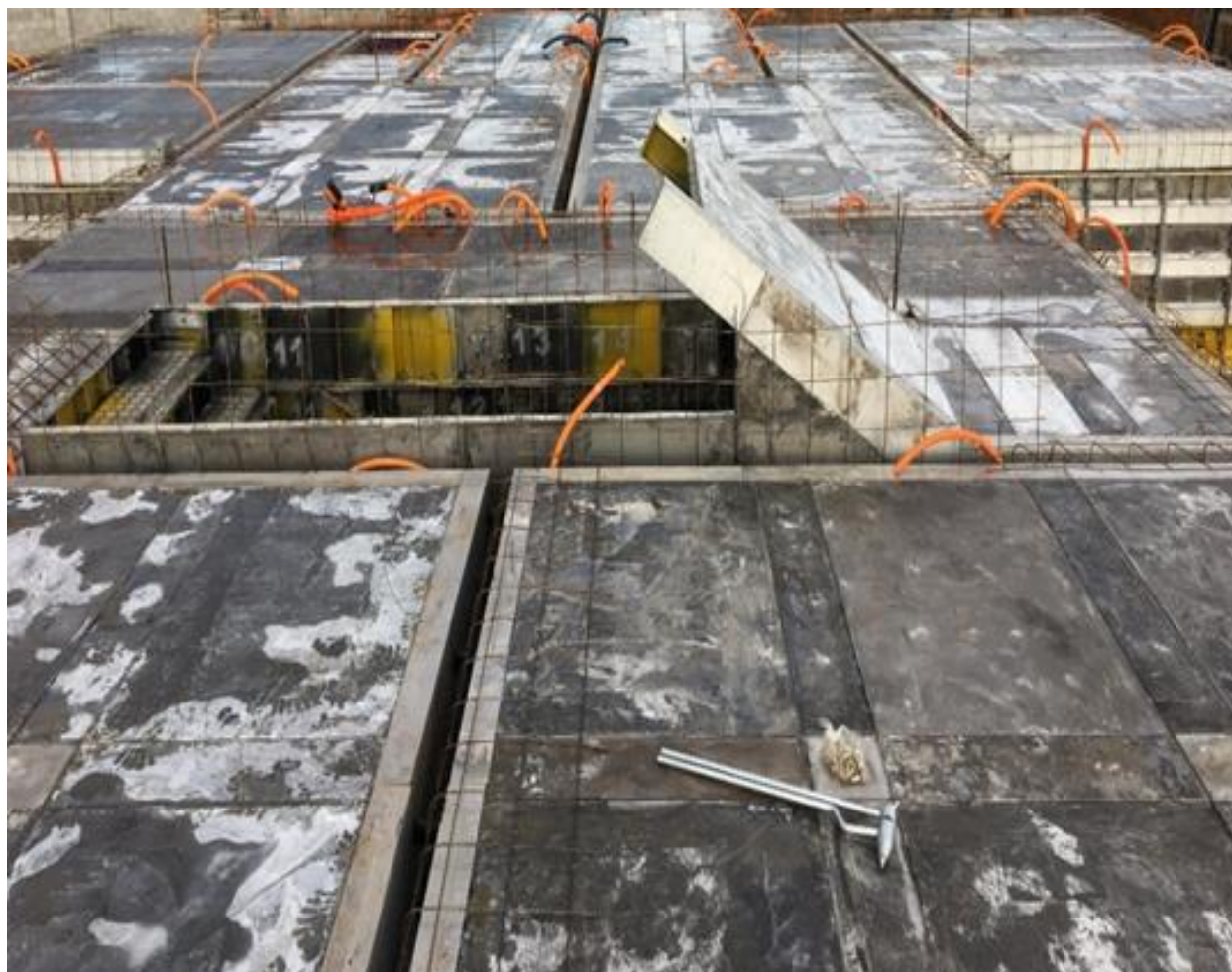
Figura 4.2.2.6 – Canto/Laje



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Realizado a instalação dos “Canto/Laje”, foi realizado a montagem e travamento dos painéis da laje (Figura 4.2.2.7 – Painéis da laje). Também foi aplicado desmoldante nos painéis da laje. Tal serviço começou às 10:30 e se encerrou às 12:00.

Figura 4.2.2.7 – Painéis da laje



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Simultaneamente a montagem da laje, ocorreu a montagem e travamento da escada (Figura 4.2.2.8 – Travamento da escada).

Figura 4.2.2.8 – Travamento da escada



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Externamente e internamente, são utilizadas peças com a função de dar travamento à fôrma. São elas: tensores de portas, alinhadores e esquadros. As figuras 4.2.2.9 e 4.2.2.10 mostram essas peças.

Figura 4.2.2.9 – Tensor



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.2.2.10 – Esquadro



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Com as fôrmas de paredes e lajes montadas, foi realizado o escoramento das placas da laje, como é apresentado na figura 4.2.2.11.

Figura 4.2.2.11 – Escoramento



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Por fim, foi realizada a montagem do ciclo externo (Figura 4.2.2.12 – Ciclo Externo). Tal atividade teve início às 11:00 e término às 12:00. Simultaneamente a montagem do ciclo externo ocorreu a montagem do Kit de Segurança, como é mostrado na figura 4.2.2.13. Para a montagem do Kit de Segurança foram necessários 10 montadores, os mesmos responsáveis pela montagem da parte externa da fôrma. Finalizado a montagem da fôrma e do Kit de Segurança, ocorreu a inspeção do encarregado de fôrma e do técnico de Segurança, após a liberação dos mesmos a fôrma estava liberada para a montagem da armação de laje.

Figura 4.2.2.12 – Ciclo Externo



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.2.2.13 – Kit de Segurança



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

4.2.3 Montagem do Armação de Laje

Com as fôrmas de lajes devidamente montadas, iniciou a armação da laje. A primeira etapa foi a montagem do guarda-corpo em volta o anel superior externo da laje (Figura 4.2.3.1 – Guarda-Corpo), tal procedimento foi realizado por 2 armadores acompanhados pelo técnico de Segurança da obra, a tarefa iniciou às 13:00 e encerrou às 14:00. Após finalizado esse serviço iniciou o lançamento dos espaçadores centopeia que serviram de suporte para a armação positiva, como vemos na figura 4.2.3.2. Essa atividade foi realizada por 2 ajudantes, com início às 14:00 e término as 14:10.

Figura 4.2.3.1 – Guarda-Corpo



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.2.3.2 – Espaçadores centopeia para suporte da armadura positiva



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Finalizado o lançamento dos espaçadores centopeia, iniciou a montagem da armadura positiva, foi utilizada a tela Q138 indicada em projeto (Figura 4.2.3.3 – Montagem da armação positiva). Para essa tarefa foi necessários 4 armadores, que começaram as atividades às 14:10 e encerraram às 14:50.

Figura 4.2.3.3 – Montagem da armação positiva



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Após o término da montagem da armadura positiva foi lançado treliças com 7cm de altura, com o objetivo de espaçar as armaduras. Feito isso, iniciou a instalação das armaduras negativas, foi utilizada a tela Q196 indicada em projeto (Figura 4.2.3.4 – Montagem da armação negativa). Para essa tarefa foi necessários 4 armadores, que começaram as atividades às 14:50 e encerraram às 15:30.

Simultaneamente a execução da armação foram locados os eletrodutos da laje bem como os shaft hidráulicos, como é apresentado nas figuras 4.2.3.5 e 4.2.3.6. Essas atividades foram executadas respectivamente por 5 eletricitistas e 1 encarregado de hidráulica, sendo que o seu início foi às 14:40 e término às 15:10. Finalizado a montagem armação de laje, ocorreu a inspeção do encarregado de armação, do encarregado de elétrica e de instalações hidrossanitárias, após a liberação dos mesmos a fôrma estava liberada para a concretagem.

Figura 4.2.3.4 – Montagem da armação negativa



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.2.3.5 – Eletrodutos da laje



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.2.3.6 – Shafts Hidráulicos



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

4.2.4 Concretagem

Após a inspeção dos encarregados, o Engenheiro da Obra juntamente com o Mestre de Obras realizou a última inspeção para liberação do concreto. Paralelamente a todas as atividades acima, o estagiário de produção ficou encarregado de reunir as assinaturas dos responsáveis envolvidos na execução de cada área, é esse documento que libera a fôrma para concretagem. Tal formulário é apresentado na Figura 4.2.4.1.

O concreto utilizado é do tipo autoadensável, com f_{ck} de 25 MPa e flow 65 ± 5 centímetros. O caminhão betoneira chega na obra com concreto já dosado com o aditivo desde a usina. Cabe ao estagiário da obra receber o caminhão e conferir se a nota fiscal está de acordo com o especificado em projeto e também se o caminhão está lacrado. Após a conferência do concreto foi feito o flow test a fim de verificar o espalhamento do concreto e autorizar o caminhão para a concretagem. O flow test realizado é demonstrado na Figura 4.2.4.2 e 4.2.4.3.

No total foi utilizado 8 caminhões com 7 m³ e 1 caminhão 5,5 m³, totalizando assim um volume de 61,5 m³ aplicados em campo. Em projeto o volume a ser aplicado era de 60,82 m³, nota-se um consumo de concreto 1% acima do calculado.

Figura 4.2.4.1 – Formulário de Liberação de Concreto

LIBERAÇÃO DE CONCRETAGEM – PAREDE DE CONCRETO			
Obra:	R0005		Local: Bloco 195-Paol
Estrutura:			
Concreto: Fck:	25	☐ Slump	☐ Convencional
Volume:	60,82	☒ Flow 6518	☒ Bombeado
Liberações:			
Forma	<u>Sergio</u> assinatura	<u>09/10/18</u> data	
Armação	<u>Sergio</u> assinatura	<u>02/10/18</u> data	
Instalações Elétricas	<u>Flavio</u> assinatura	<u>09/10/18</u> data	
Instalações Hidro-sanitárias	<u>A.D.</u> assinatura	<u>09/10/18</u> data	
Téc. Segurança do Trabalho	<u>[Assinatura]</u> assinatura	<u>09/10/18</u> data	
Topografia	<u>Edivan</u> assinatura	<u>09/10/18</u> data	
Esquadrias	<u>[Assinatura]</u> assinatura	<u>09/10/18</u> data	
Liberação para concretagem:			
	<u>Sergio</u> Mestre de Obras	<u>[Assinatura]</u> Engenheiro da obra	
Concretagem:			
Data:	<u>09/10/18</u>	Início:	<u>15:30</u>
Volume aplicado:	<u>61,32</u>	Término:	<u>17:20</u>
		<u>Sergio</u> Mestre-de-Obras	
Aprovação para realização da desforma:			
Horário Liberação parede:	<u>5:00</u>	<u>[Assinatura]</u>	
Horário Liberação laje:	<u>5:00</u>	Engenheiro da obra	

Form. 192/01

Figura 4.2.4.2 – Recebimento do Concreto



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Figura 4.2.4.3 – Teste de Slump/Flow



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

No momento de realização do flow test, são moldados também os corpos de prova para teste de resistência à compressão. Com 12 horas é feito o primeiro ensaio de resistência à compressão e os resultados devem atingir no mínimo 3,0 MPa para os caminhões utilizados em laje e 2,0MPa para os caminhões utilizados em parede, para que seja liberada a desfôrma. Os ensaios são realizados com 12 horas, 7 dias, 28 dias e, caso seja necessário fazer contraprova, com 63 dias.

A concretagem começou pelo centro da laje e, enquanto um caminhão descarrega, o próximo era dosado e testado. Primeiro se concretou as paredes e à medida que elas são preenchidas iniciou a concretagem da laje. As figuras 4.2.4.4 e 4.2.4.5 ilustram a etapa de concretagem. O horário e sequência da concretagem deve ser muito bem alinhada junto à concreteira, com o objetivo de eliminar a possibilidade de ocorrência de junta fria, pois o concreto autoadensável tem seu vencimento passadas 2 horas da sua produção. A concretagem iniciou às 15:30 e encerrou às 17:20, para tal atividade foi necessário 3 montadores e 1 encarregado.

Figura 4.2.4.4 – Concretagem das paredes



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

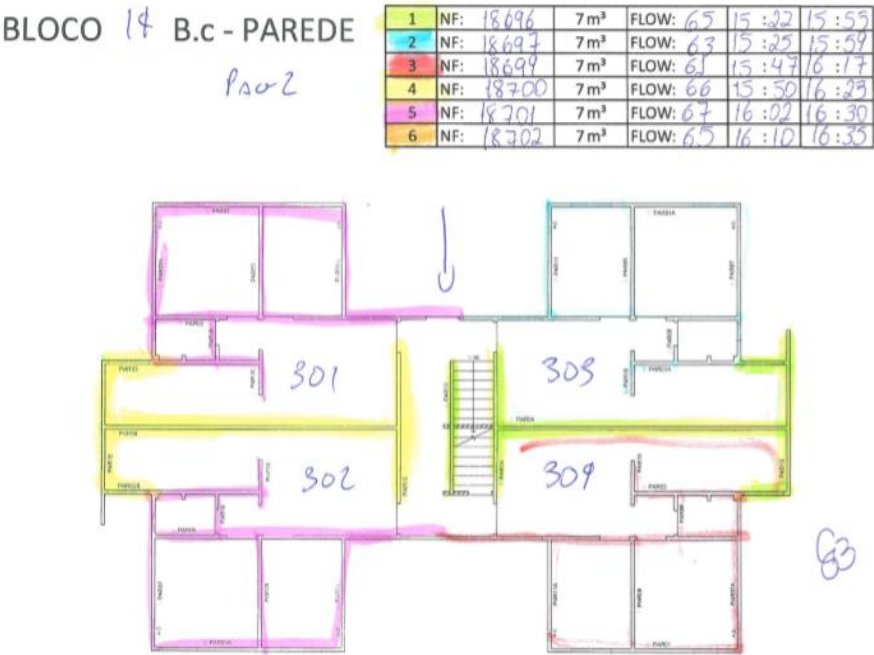
Figura 4.2.4.5 – Concretagem da laje



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

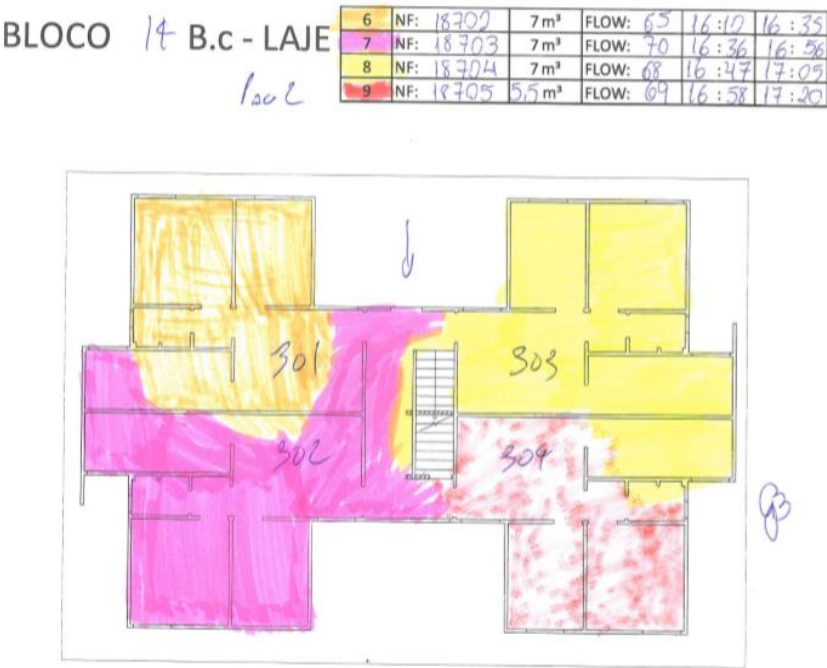
Durante a concretagem cabe ao estagiário de produção realizar a rastreabilidade do concreto lançado em parede e em laje. As figuras 4.2.4.6 e 4.2.4.7 ilustram o processo de rastreabilidade. Após o fim da concretagem, o estagiário também preencheu o formulário de rastreabilidade (Figura 4.2.4.8 – Rastreabilidade do Concreto). Esse formulário será útil para o acompanhamento dos laudos de rompimento dos corpos de prova.

Figura 4.2.4.6 – Mapa do concreto de parede



Fonte: Toctao Engenharia (2018)

Figura 4.2.4.7 – Mapa do concreto de laje



Fonte: Toctao Engenharia (2018)

Figura 4.2.4.8 – Rastreabilidade do Concreto

RASTREABILIDADE DO CONCRETO USINADO - PAREDE DE CONCRETO										OBRA:		FOLHA Nº	
Local da Concretagem: <i>Residencial Porto D'Alago 01 - Bloco 14B - Pao 2</i>										<i>APP01</i>		<i>01/01</i>	
										Fornecedor: <i>CIPSON</i>			
Peça	Nº da NF	Data da Concretagem	Slump / Flow	Fck (Mpa)	Nº do CP	Sem CP	DESFORMA	PROVA		CONTRA-PROVA		Assinatura do Engenheiro(a) da Obra	
							Resistência à Compressão (Mpa)	Resistência à Compressão (Mpa)		Resistência à Compressão (Mpa)			
							12 horas e até 15 horas	7 Dias	28 Dias	7 Dias	28 Dias		
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>	<i>18696</i>	<i>09/10/18</i>	<i>65</i>	<i>25</i>	<i>1</i>		<i>7,00</i>	<i>27,3</i>	<i>34,5</i>			<i>GB</i>	
<i>Par 14,4, 15,3 C30/37</i>		<i>15:36</i>					<i>8,22</i>	<i>28,0</i>	<i>34,7</i>				
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>	<i>18697</i>	<i>09/10/18</i>	<i>63</i>	<i>25</i>	<i>2</i>		<i>9,74</i>	<i>26,5</i>	<i>31,0</i>	<i>29,0</i>	<i>32,3</i>	<i>GB</i>	
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>		<i>15:58</i>					<i>9,90</i>	<i>26,7</i>	<i>31,8</i>	<i>26,1</i>	<i>29,3</i>		
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>	<i>18699</i>	<i>09/10/18</i>	<i>61</i>	<i>25</i>	<i>3</i>		<i>8,10</i>	<i>23,4</i>	<i>30,3</i>			<i>GB</i>	
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>		<i>16:05</i>					<i>8,00</i>	<i>22,9</i>	<i>30,8</i>				
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>	<i>18700</i>	<i>09/10/18</i>	<i>66</i>	<i>25</i>	<i>4</i>		<i>4,29</i>	<i>24,7</i>	<i>31,7</i>			<i>GB</i>	
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>		<i>16:13</i>					<i>4,38</i>	<i>25,0</i>	<i>32,4</i>				
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>	<i>18701</i>	<i>09/10/18</i>	<i>67</i>	<i>25</i>	<i>5</i>		<i>3,62</i>	<i>22,3</i>	<i>32,0</i>			<i>GB</i>	
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>		<i>16:20</i>					<i>3,33</i>	<i>22,7</i>	<i>32,0</i>				
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>	<i>18702</i>	<i>09/10/18</i>	<i>65</i>	<i>25</i>	<i>6</i>		<i>3,55</i>	<i>23,2</i>	<i>30,9</i>			<i>GB</i>	
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>		<i>16:27</i>					<i>3,15</i>	<i>24,0</i>	<i>31,3</i>				
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>	<i>18703</i>	<i>09/10/18</i>	<i>70</i>	<i>25</i>	<i>7</i>		<i>3,35</i>	<i>28,9</i>	<i>30,2</i>			<i>GB</i>	
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>		<i>16:51</i>					<i>3,31</i>	<i>29,1</i>	<i>30,6</i>				
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>	<i>18704</i>	<i>09/10/18</i>	<i>68</i>	<i>25</i>	<i>8</i>		<i>3,31</i>	<i>28,7</i>	<i>30,4</i>	<i>23,6</i>	<i>29,3</i>	<i>GB</i>	
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>		<i>17:00</i>					<i>4,21</i>	<i>28,7</i>	<i>30,4</i>	<i>22,9</i>	<i>27,9</i>		
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>	<i>18705</i>	<i>09/10/18</i>	<i>69</i>	<i>25</i>	<i>9</i>		<i>2,90</i>	<i>30,2</i>	<i>31,8</i>			<i>GB</i>	
<i>Par 14,4, 15,30 C30/37</i>		<i>17:10</i>					<i>3,25</i>	<i>30,3</i>	<i>31,8</i>				

Form. 193/01

Form. 193/01

Fonte: Toctao Engenharia (2018)

4.3 CONFORMIDADES E NÃO CONFORMIDADES

Após a análise das informações dos resultados de conformidade (aprovações) e não conformidades (reprovações) das Fichas de Verificações de Serviços, foi realizado um processo categorização dos itens de reprovação, de modo a enquadrá-los dentro dos itens de Inspeção das Fichas de Verificação (Figura 3.3.1), que foi apresentado no capítulo 3 (Metodologia). Essa categorização teve o intuito de facilitar a compreensão dos itens reprovados, de modo a facilitar no estudo da sua origem, natureza, causa e consequência. Abaixo é apresentado os itens não conformes.

1. Condições para início dos serviços

- Instalações não grauteadas;
- Piso desnivelado.

2. Locação

- Marcação da fôrma fora do prumo.

3. Armação das Paredes

- Diâmetro (bitola) não conformes com projeto;
- Espaçamentos não conformes com projeto;
- Espaçadores com altura não conforme;
- Ausência do encontro de telas e reforços;
- Posicionamento equivocado da armadura;
- Posicionamento dos vãos equivocado.

4. Instalações

- Distribuição das caixas elétricas não conforme com projeto;
- Fixação das caixas elétricas ineficaz;
- Distribuição das mangueiras elétricas não conforme com projeto;
- Fixação das mangueiras elétricas ineficaz;
- Passagens hidráulicas não conforme com projeto.

5. Montagem de Fôrma

- Aplicação de desmoldante em excesso;
- Fôrma fora do prumo;
- Ausência do esquadro da fôrma.

6. Alinhamento, travamento e esquadro

- Falha no alinhamento da fôrma;
- Falta de travamento;
- Falta de escoramento.

7. Armação da Laje

- Diâmetro (bitola) não conforme com projeto;
- Espaçadores com altura não conforme;
- Posicionamento equivocado da armadura.

8. Desforma

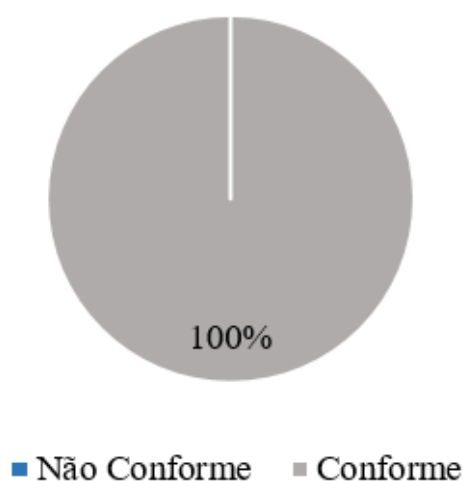
- Espessura do concreto não conforme com projeto;
- Cura do concreto insuficiente.

9. Segurança

- Ausência de linha de vida;
- Ausência de cinto tipo paraquedista;
- Ausência de guarda-corpo.

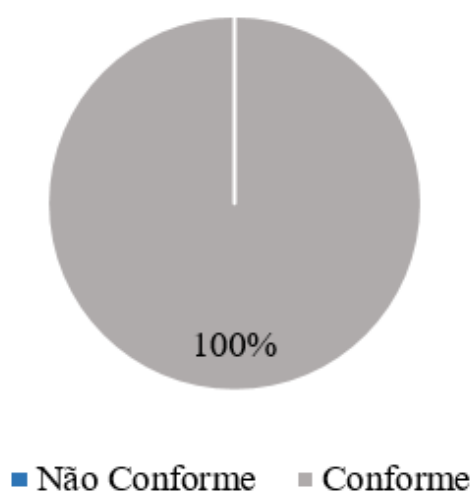
Outro aspecto observado foi o controle tecnológico realizado, compilando os resultados das rastreabilidades de concreto, identificou-se que dos 1176 caminhões-betoneira que foram utilizados, nenhum teve espalhamento diferente do especificado (65 ± 5 cm); nenhum deixou de atingir a resistência mínima (3,0 MPa) com 12 horas e apenas 31 não atingiram a resistência de projeto (25,0 MPa) com 28 dias. Dos 31 caminhões que não atingiram a resistência aos 28 dias, 12 tiveram contraprova com resistência maior que 25,0 MPa. Assim, 19 caminhões-betoneiras não chegaram à resistência de projeto, no entanto a menor resistência atingida foi de 19,70 MPa, que foi liberada pelo projetista estrutural responsável pelo projeto. As Figuras 4.3.1 a 4.3.5 contém gráficos que demonstram esses números.

Figura 4.3.1 – Resultados *flow test*



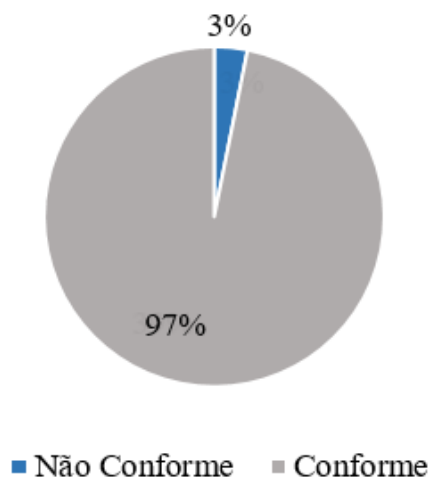
Fonte: Própria (2019)

Figura 4.3.2 – Resultados de resistência à compressão com 12 horas



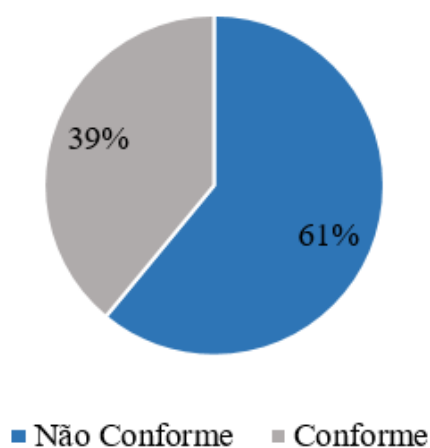
Fonte: Própria (2019)

Figura 4.3.3 – Resultados de resistência à compressão com 28 dias



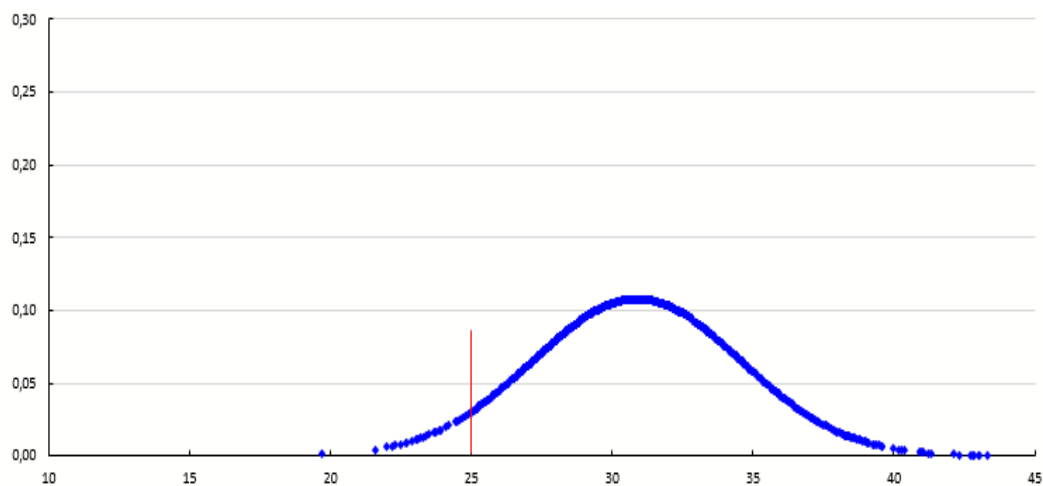
Fonte: Própria (2019)

Figura 4.3.4 – Resultados das contraprovas abaixo de 25,0 MPa



Fonte: Própria (2019)

Figura 4.3.5 – Curva Normal para ensaios de resistência à compressão do concreto



Fonte: Toctao Engenharia (2018)

4.4 FALHAS DURANTE A EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS

A partir da análise dos itens inspecionados no recebimento dos serviços, através da FVS, foi possível identificar diversas manifestações patológica associada às falhas de execução. Tais manifestações patológicas terão suas origens, possíveis causas e sintomas apresentados no decorrer deste capítulo. Para melhor compreensão, foi decidido apresentar as falhas durante a execução das estruturas de forma a agrupa-las de acordo com a etapa do processo construtivo em que as mesmas tiveram sua origem.

4.4.1 Armação de Parede

No que se refere ao processo de armação de paredes, foi observado que a maior incidência de patologias está relacionada a ausência de reforços ou reforços insuficientes, visto que a ausência de reforços pode comprometer a segurança estrutural da parede de concreto, podendo assim apresentar posteriormente fissuras e trincas nos encontros de paredes e cantos de portas e janelas (locais de encontro de tela e colocação de reforços). Assim, após a concretagem, foi verificado que alguns pontos apresentaram fissuras à 45° e à 90°.

- Fissuras à 45°: Fissuras que formam um ângulo de 45° com o eixo de abertura, tanto de janelas como de portas, como é apresentado na figura 4.4.1.1.

Figura 4.4.1.1 – Fissura à 45° em janela



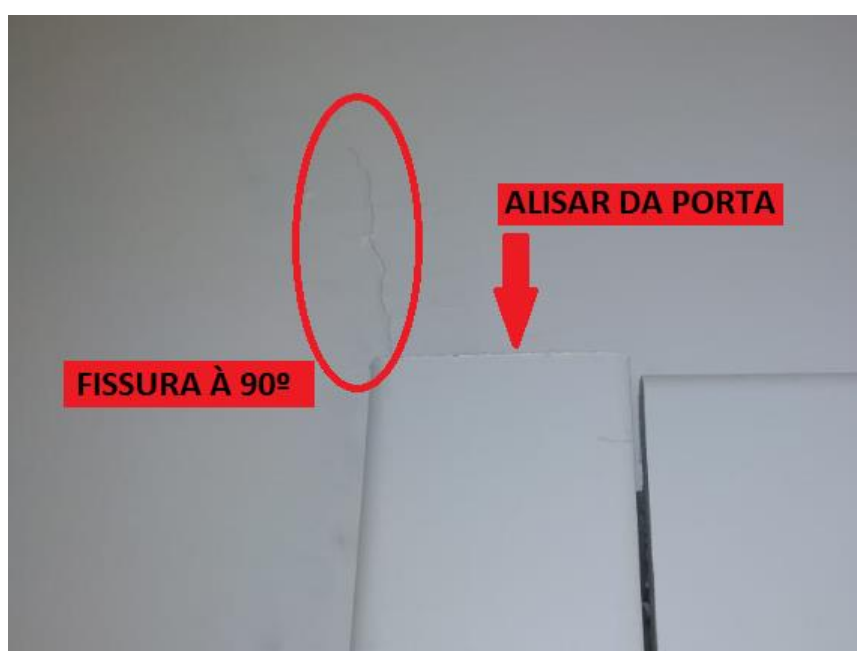
Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Tais fissuras apareceram possivelmente devido primeiramente a retração higroscópica do concreto. A retração do concreto é a diminuição do seu volume, motivada pela eliminação da água condá em seu interior. Essa diminuição de volume pode causar fissuras nos elementos estruturais. Nesse processo de diminuição do volume, aparecem pequenas tensões que causam a fissura de pontos mais fragilizados da estrutura, que são aberturas de janelas, portas ou região das faquetas. Outra possível causa estaria relacionada com a desenforma do caixilho da janela ou portas, uma vez que pode ter ocorrido a retirada da fôrma sem que o concreto tenha atingido a resistência adequada para desfôrma, sendo assim a fissura teria sua origem relacionada com a falta de especificações sobre desfôrma em projeto ou até mesmo no processo de qualidade em obra. Não obstante, a causa para essa manifestação patológica também pode ter a retirada do caixilho dos vãos de portas e janelas, uma vez que os mesmos podem ter sido retirados com batidas e força excessiva.

Para a correção de fissuras se faz necessário o seguinte procedimento:

- I. Aplicar massa acrílica em ambos os lados da fissura;
 - II. Sobre a massa acrílica colocar a tela poliéster com 10cm de largura com uma bandagem central (banho de PVC), que permite uma dilatação de até 100%;
 - III. Aplicar outra camada de massa acrílica sobre a tela.
- Fissuras à 90°: Fissuras que formam um ângulo de 90° com o eixo de abertura de portas e janelas, como é apresentado na figura 4.4.1.2.

Figura 4.4.1.2 – Fissura à 90° em porta



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

As fissuras à 90° seguem as mesmas possíveis causas da patologia fissuras a 45°. Para correção da fissura pode ser feito o mesmo procedimento da fissura a 45°.

- Posicionamento dos espaçadores nas paredes: Devido ao mal posicionamento ou fixação dos espaçadores, foi observado o deslocamento dos espaçadores para fora da superfície do concreto, como pode ser observado na figura 4.4.1.3.

Figura 4.4.1.3 – Posicionamento dos espaçadores



- Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Tal anomalia tem sua causa na má fixação do espaçador na armadura, sendo que sua origem está estritamente ligada à execução da armação. Apesar de não oferecer diretamente risco estrutural, esta patologia deve ser evitada, uma vez que para seu reparo é necessário o recorte do material excedente.

4.4.2 Instalações

Os itens de instalações englobam a inspeção da existência, correto posicionamento e fixação de caixas elétricas de embutir, mangueiras elétricas, passagens hidráulicas e ralos. A falha na fixação, comprometem a estanqueidade da fôrma, permitindo o vazamento da nata do cimento, além de não garantir o correto posicionamento destes elementos. Desta forma, foi observado uma grande incidência de falhas relacionadas a execução.

- Caixas de embutir e eletrodutos concretados internamente: ocorre devido o concreto autoadensável, utilizado na obra, possuir a alta capacidade de escoar preenchendo todos os espaços, assim o mesmo adentra pequenos vazios presentes nos eletrodutos ou na ligação entre o eletroduto e a caixa de embutir (Figura – 4.4.2.1). Neste caso, a origem do problema está ligada ao material usado e principalmente a execução do procedimento de instalação.

Figura 4.4.2.1 – Caixa de embutir concretada



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

No caso de ocorrer o vazamento da nata de cimento, será necessário o serviço não planejado de raspagem do local a fim de eliminar esta irregularidade na superfície da caixa, gerando, assim, retrabalho.

- Quadros de distribuição concretadas internamente: ocorre devido o concreto autoadensável, utilizado na obra, possuir a alta capacidade de escoar preenchendo todos os espaços, assim o mesmo adentra ao vão entre o quadro e a fôrma (Figura – 4.4.2.2).

Figura 4.4.2.2 – Quadro de distribuição concretado



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Para a correção deste problema, é necessário a raspagem da superfície de concreto, e muitas vezes até a retirada do quadro.

- Caixas de embutir com posicionamento incorreto: ocorre devido à má fixação das caixas, permitindo que as mesmas “torçam” durante o processo de concretagem (Figura – 4.4.2.3).

Figura 4.4.2.3 – Caixa de embutir “torcida”



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Neste caso, será necessário quebrar o local com uso de martelo, para ajuste e preencher a abertura formada com graute, podendo ocorrer problemas futuros com a aderência em relação ao concreto da parede.

- Eletroduto aparente: esse problema é causado pela incorreta fixação do eletroduto na tela metálica ou falta de espaçadores nas laterais do eletroduto (Figura – 4.4.2.4)

Figura 4.4.2.4 – Eletroduto aparente



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Neste caso, para correção da falha, será necessário grautar a superfície, e em casos extremos retirar parte do eletroduto e instalar um novo.

- Fissura abaixo do quadro de distribuição: foi observado em obra, o aparecimento de fissuras abaixo do quadro de distribuição dos apartamentos. Uma das possíveis causas para esta manifestação patológica deve-se ao fato de o quadro possuir espessura maior que 5 cm e não apresentar armadura de reforço no local (Figura – 4.4.2.5).

Figura 4.4.2.5 – Trinca abaixo do quadro de distribuição



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Segundo a Norma NBR 16055 (2012), as tubulações verticais podem ser embutidas nas paredes de concreto, desde que atendidas simultaneamente às seguintes condições:

- I. Quando o diâmetro máximo for de 50 mm;
- II. Quando o diâmetro da tubulação não ultrapassar 50 % da espessura da parede, restando espaço suficiente para, no mínimo, o cobrimento adotado e a armadura de reforço. Admite-se tubulação com diâmetro 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.

Assim, é imprescindível a adequação do projeto ao uso deste material, de forma que o mesmo venha atender a norma NBR 16055, evitando possíveis problemas estruturais a médio e longo prazo. Para a correção do problema segue o mesmo procedimento referente as fissuras à 45° apresentadas no item Armação de Parede.

4.4.3 Montagem de fôrma

No que se refere ao processo de montagem de fôrma, foi observado que a maior incidência de patologias deve-se ao processo de execução. Devido ao próprio sistema construtivo e uso das fôrmas metálicas feitas sob medida para o pavimento tipo da edificação, itens como dimensão dos vãos, prumo e nivelamento das fôrmas são menos passíveis de falhas. No entanto, ainda assim foi localizado algumas falhas referentes a alinhamento e prumo, como também falhas referentes a aplicação de desmoldante, esquadro, travamento e escoramento.

No que se refere a posição dos vãos, o treinamento da equipe para a repetitividade de montagem das fôrmas nos pavimentos foi essencial para eliminar esta falha, já que sua ocorrência não foi observada em nenhum bloco da obra. No entanto, se esta falha não for identificada, pode ocasionar a concretagem dos vãos do pavimento fora dos locais estabelecidos em projeto, o que comprometeria não somente a segurança estrutural, como o uso a que foi destinado o cômodo, ou até mesmo o apartamento.

Abaixo será apresentado e discutido algumas manifestações e falhas de execução que podem comprometer a estrutura a curto, médio e longo prazo.

- Aplicação de desmoldante em excesso: em alguns pontos foi observado a presença de desmoldante na superfície do concreto. Tal anomalia tem sua origem na aplicação em excesso de desmoldante no processo de montagem da fôrma, como é apresentado na figura 4.4.3.1.

Figura 4.4.3.1 – Aplicação em excesso de desmoldante



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Para retirada do desmoldante da superfície do concreto, será necessário realizar o processo de lixamento da superfície da parede. Caso tal processo não seja realizado, poderá ocorrer a não aderência da massa niveladora, levando assim ao destacamento da pintura. Assim, fica evidente que a origem do problema foi no processo de execução, sendo necessário treinamento da equipe de montagem para evitar a ocorrência de tal anomalia.

- Parede fora do prumo: o alinhamento das paredes por dependerem do uso de peças específicas para realizar essa função acabam se tornando mais artesanais e por isso mais suscetíveis à ocorrência de erros. A falta de alinhamento, esquadro e travamento da forma compromete a estanqueidade da mesma, bem como permite formação de saliências e paredes desniveladas que necessitarão ser corrigidas na fase de acabamento. A figura 4.4.3.2 demonstra uma parede fora de prumo após a retirada das fôrmas.

Figura 4.4.3.2 – Parede desnivelada



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Assim, fica evidente que tal manifestação patológica está ligada ao processo de montagem da fôrma, mais especificamente no processo de alinhamento. Sendo que para evitar a ocorrência da mesma é necessário primeiramente um treinamento mais intensivo da equipe de montagem e posteriormente vistoria criteriosa da utilização adequada das peças do jogo de fôrmas.

- Falta de escoramento: tem a função de amparar a estrutura enquanto o concreto não atinge a resistência e módulo de elasticidade mínimos para se auto sustentar, assim, a falta de um escoramento adequado pode gerar a formação de flechas nas lajes e fissuração da peça. Apesar de ser uma falha verificada constantemente, não foi identificada nenhuma manifestação patológica que possa ser associada à falta de escoramento. Isso deve ao fato da conferência do escoramento, logo após o fim de montagem da fôrma, sendo que em todas as vezes que foi observado a falta de escoramento o problema foi solucionado antes da concretagem.

4.4.4 Armação de Laje

No que se refere a armação da laje foi observado que a falha mais frequente ocorreu no encontro de telas e reforços. A ausência de reforços pode comprometer a segurança estrutural da parede de concreto, que poderá apresentar fissuras e trincas no encontro de paredes. No entanto, o fato de no momento da conferência o encarregado/estagiário ter acompanhado a equipe de armação propicia a correção imediata destas falhas, quando identificadas. Este fato permitiu que não fosse observado manifestações patológicas referentes a tal caso.

Outro ponto de atenção para a armação de laje é o posicionamento dos espaçadores nas lajes, que podem se deslocar devido a movimentação dos trabalhadores sobre a fôrma no momento da concretagem. Assim, este fato pode originar o aparecimento de armaduras expostas na laje, tal manifestação será discutida abaixo.

- Armadura exposta: A ocorrência da patologia com ferragem deve à falta de cuidados com o posicionamento da armadura, podendo ser por falta de espaçadores, sendo necessário a recuperação do mesmo para evitar a sua posterior corrosão. Na figura 4.4.4.1 é apresentado um caso observado em obra de armadura exposta.

Figura 4.4.4.1 – Armadura exposta



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

4.4.5 Concretagem

Devido ao uso de espaçadores de parede e ao nivelamento das fôrmas das paredes, que sustentam os painéis da laje, não foi observado desvios na espessura do concreto utilizada, quase sempre utilizando o volume calculado de concreto, caso ocorra algum desvio a problemática enfrentada seria o aumento do peso próprio da estrutura.

A conferência da resistência na nota fiscal resguarda, antes da emissão dos laudos do controle tecnológico, que o concreto utilizado é o especificado em projeto, na situação de o concreto não atender ao mínimo de projeto e ainda assim ser utilizado, podem ser associados problemas de fissuras, além de comprometimento da segurança estrutural do edifício que não resistirá às cargas para que foi calculado, necessitando de um novo estudo e eventual reforço da estrutura.

Foi identificado também que, devido à altíssima velocidade de produção no sistema construtivo de paredes de concreto, não foi realizado nenhum tipo de cura nas lajes. A falta deste procedimento poderia causar o aparecimento de fissuração por retração do concreto (perda de água para o meio). Além disso, traz maiores incertezas para os resultados de ensaios de resistência à compressão, já que os corpos de prova passam pela cura em laboratório.

No que se refere ao aparecimento de manifestações patológicas em obra, foi identificado as seguintes anomalias.

- Contramarco danificado: na montagem das formas das janelas, as mesmas possuem caixilho de sua forma e tamanho, que após o lançamento do concreto irá deixar as janelas já com o contramarco de concreto, facilitando a fixação das janelas e evitando a entrada de água. Foi observado in loco que na parte superior do caixilho não houve o adensamento completo do concreto. Essa falha no processo de concretagem pode estar relacionada ao processo de concretagem, onde o lançamento do inadequado concreto, não preenche o contramarco. Outra possível causa está relacionada ao processo de desenforma do caixilho da janela, uma vez que pode ocorrer o uso de batidas e força excessiva, assim deteriorando a superfície. Para correção desta patologia será necessárias régua acompanhando o contramarco existente e ser preenchido com argamassa. Necessário fazer impermeabilização do vão da janela, pois há uma junta fria no contramarco, podendo ocorrer infiltração. A figura 4.4.5.1 apresenta tal anomalia.

Figura 4.4.5.1 – Contramarco danificado



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

- Bolhas na superfície: foi observado após a desfôrma a presença de pequenas bolhas na superfície do concreto. Esta anomalia pode ter sua origem relacionada ao material, no caso o concreto, uma vez que o teor de ar incorporado no concreto pode estar diferente do especificado. No entanto, essa hipótese foi descartada, uma vez que ocorreu a conferência das notas do concreto. A outra hipótese para o surgimento dessa manifestação está relacionada à execução, uma vez que pode ter ocorrido da aplicação em escassez do desmoldante. A figura 4.4.5.2 apresenta essa anomalia.

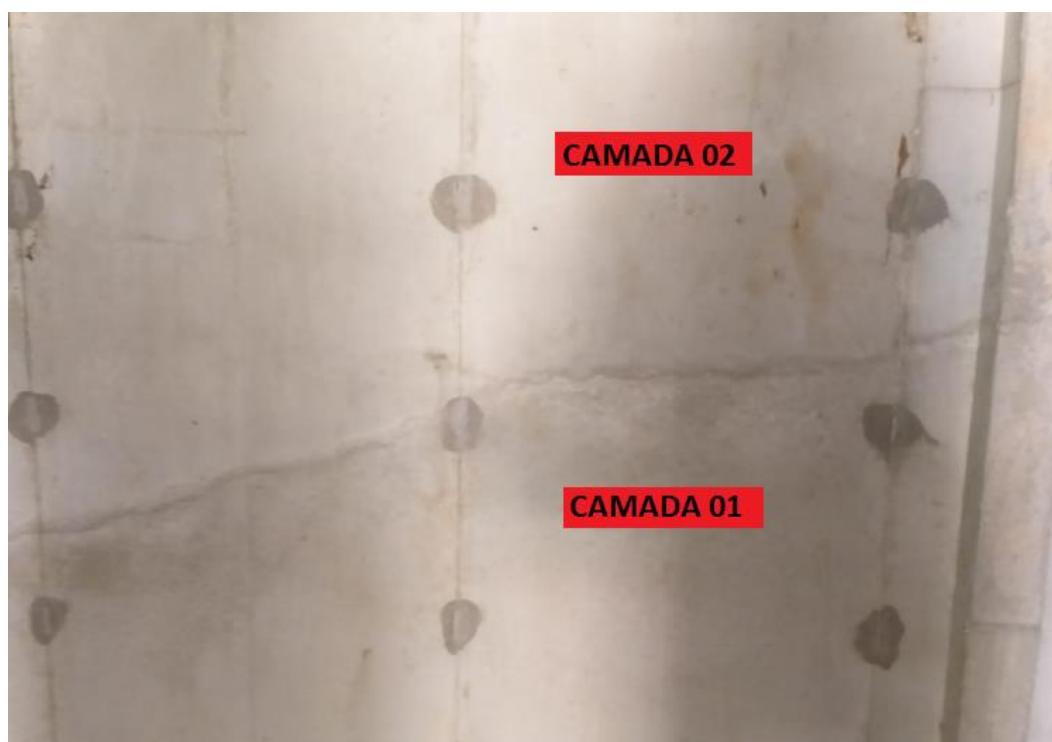
Figura 4.4.5.2 – Bolhas na superfície do concreto



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

- Junta Fria: visualmente foi possível identificar a formações de juntas frias de concretagem nas peças desformadas. Devido ao uso do concreto autoadensável, que em função do aditivo superplastificante possui um início de pega muito rápido, o tempo entre a saída de um caminhão-betoneira e início do lançamento do próximo não deve ultrapassar 30 minutos, o que nem sempre acontece, seja por atrasos da concreteira, seja por falta de logística na obra. As juntas de concretagem não previstas afetam a aderência do concreto novo ao concreto antigo (que já iniciou a pega) e sempre que esta não for garantida, devem ser colocadas armaduras de costura, capazes de resistir aos esforços de tração. A figura 4.4.5.3 apresenta essa anomalia.

Figura 4.4.5.3 – Junta Fria



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

A formação de juntas inclinadas dispensa o uso das armaduras de costura, mas por tratar-se de um concreto autoadensável, dificilmente a formação das juntas será com algum ângulo de inclinação, mas sim horizontal. Apesar de as paredes de concreto não trabalharem à tração, elas são dimensionadas para flexo-compressão e por isso possuem armadura mínima de tração, a falta de aderência nesses locais pode comprometer a segurança estrutural da edificação.

- Nichos de concretagem: foi encontrado em obra nichos de concretagem, que podem ter sido causados pelo lançamento do concreto de alturas elevadas, alta relação água/cimento ou pelo percentual de aditivo ser elevado. Todos os casos de segregação identificados possuíam baixa magnitude, ou seja, as cavidades não ultrapassavam 6 centímetros de profundidade/largura, dessa maneira a estucagem com argamassa é capaz de resolver satisfatoriamente o problema, visto que as armaduras não estarão afetadas e o reparo é apenas estético. A figura 4.4.5.4 demonstra a ocorrência de nicho de concretagem na mesma peça de parede.

Figura 4.4.5.4 – Nicho de concretagem



Fonte: Arquivo pessoal (2018)

- Frisos entre os pavimentos da fachada: Essa patologia ocorre nas faces das fachadas entre os pavimentos causando um friso, que posteriormente deverá ser tratado para evitar infiltração e corrigido com argamassa.

4.5 MEDIDAS PREVENTIVAS E CORRETIVAS

Neste item foi proposto um controle de execução, tendo como base às possíveis causas que originaram as patologias mais expressivas. O controle proposto será dividido em duas etapas, execução e concretagem, com finalidade inicialmente de diminuir a manifestação patológicas e posteriormente com a adaptação do controle, eliminá-las ou ter a menor frequência de manifestação possível. Posteriormente será discutido as tolerâncias para os serviços. E por fim, será apresentada uma tabela resumo com o intuito de sintetizar a origem, causa e sintomas das mesmas.

4.5.1 Execução

1. Demarcação

- Medidas devem ser marcadas na laje de acordo com o projeto para que não ocorram não conformidades e posteriormente retrabalhos;
- Fixar na laje esquadros nos pontos especificados pelo projeto.

2. Armadura

- Tela metálica com medidas de acordo com o projeto;
- O posicionamento das telas deve ter tolerância para de desvio de no máximo 5mm por metro;
- Vãos com medidas corretas e reforços instalados no local e em quantidade corretas.

3. Instalações e espaçadores

- Instalações que forem embutidas no interior das paredes devem seguir a localização e as medidas do projeto;
- Ter cuidado com instalações que estejam na horizontal para que não ocorra falha de concretagem no local;
- Espaçadores devem ser na quantidade e no local correto de modo a evitar que a tela metálica “fuja” do centro da forma;
- Na instalação do eletroduto, os espaçadores devem seguir paralelamente ao mesmo;
- As passagens hidráulicas e ralos, devem seguir a locação de projeto, com desvio de no máximo 5 mm.

4. Fôrmas

- Conferência do posicionamento das formas, pois há formas com medidas muito próximas;
- O posicionamento e dimensões dos vãos devem apresentar tolerância de desvio de até 5 mm por vão;
- Aplicação do desmoldante segundo o fabricante;
- Conferência dos elementos de fixação e alinhadores das formas (quantidade e travamento).

4.5.2 Concretagem

1. Chegada do concreto na obra

- Conferência da nota fiscal (dados do concreto estão corretos com o pedido, tempo de saída do caminhão da central dosadora de concreto até a obra está de acordo com o limite);
- Ensaio de consistência do concreto dentro do limite especificado na nota fiscal (*Slump/Flow*);
- Adição de aditivo na quantidade correta.

2. Lançamento do concreto nas formas

- Pontos de lançamento pré-definidos para evitar falhas de concretagem;
- Lançamento do concreto em etapas até as alturas definidas em projeto.

3. Pós concretagem

- Aspersão de água ou película de cura de modo a evitar a perda prematura da água do concreto;
- Ensaio de resistência do corpo de prova para verificar se a resistência foi atingida para poder retirar as formas;
- Limpeza das formas para evitar acréscimos de medidas posteriores;
- Ensaio de resistência do concreto aos 28 dias de modo a verificar se atingiu o f_{ck} especificado por projeto.

4.5.3 Tolerâncias

Neste item será proposto uma tabela (Tabela 4.5.3.1) com as tolerâncias indicadas para alguns serviços. Essa tabela visa sintetizar tanto itens do processo construtivo como as tolerâncias para as mesmas, de forma a facilitar a análise de possíveis não conformidades. Tal tabela foi concebida a partir de dados presentes na NBR 16055 (2012) e com dados específicos da obra analisada, assim fica evidente a adaptação da mesma para uso em outros empreendimentos.

Quadro 4.5.3.1 – Tolerâncias para Verificação dos Serviços

ATIVIDADES	ITENS	TOLERÂNCIAS
INSTALAÇÕES	Distribuição das caixas elétricas	± 50 mm
	Distribuição das mangueiras elétricas	± 50 mm
	Passagens hidráulicas e ralos	± 5 mm nos eixos
ARMAÇÃO	Diâmetro (Bitola)	Conforme projeto
	Espaçamentos	± 100 mm
	Espaçadores	± 100 mm
	Encontro de telas e reforços	± 5 mm
	Posicionamento da armadura	± 5 mm por metro
MONTAGEM DE FÔRMA	Posição dos vãos	± 5 mm por vão
	Dimensões dos vãos	± 5 mm por vão
	Prumo	± 5 mm por pé direito
	Alinhamento	± 5 mm por metro
	Nivelamento	± 5 mm na extensão da asa
	Esquadro da fôrma	± 3 mm em 40 cm
	Travamento	Conforme projeto
	Escoramento	Conforme projeto
CONCRETAGEM	Espessura do Concreto	10 cm
	Cura do Concreto	Mínimo de 7 dias
	Conferência da resistência do concreto	25 MPa (28 dias)
	Desforma	≥ 3 MPa com 12 horas
	Orifícios após retirada das gravatas	Estucagem de todos os orifícios

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

4.5.4 Origens, Causas, Medidas Corretivas e Preventivas

A partir do estudo das manifestações patológicas e falhas de execução citadas e discutidas ao longo deste capítulo, foi elaborado uma tabela (Tabela 4.5.4.1) sintetizando as origens, causas, medidas preventivas e medidas corretivas das manifestações. Tal tabela foi

concebida com o intuito de facilitar a compreensão do surgimento da patologia e prover possibilidades para a prevenção e tratamento das mesmas.

Quadro 4.5.4.1 – Origem, Causa, Medidas Preventivas e Medidas Corretivas

ETAPA	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E FALHAS NO PROCESSO	ORIGEM	CAUSA	MEDIDA PREVENTIVA	MEDIDA CORRETIVA
ARMAÇÃO DE PAREDE	Fissuras à 45°	Projeto	Retração higroscópica do concreto.	Aumentando da taxa de aço em locais específicos da estrutura ou consumo de fibras para tentar minimizar as patologias por esse efeito.	Escarificação da fissura, aplicação de tela poliéster e aplicação de massa acrílica.
		Execução	Instalação incorreta ou não instalação das barras de reforço; Retirada da fôrma sem que o concreto tenha atingido a resistência adequada para desfôrma.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	Escarificação da fissura, aplicação de tela poliéster e aplicação de massa acrílica.
	Fissuras à 90°	Projeto	Falta ou insuficiência de barras ou tela metálica de reforço nos vãos de portas e janelas.	Revisão do projeto estrutural.	Escarificação da fissura, aplicação de tela poliéster e aplicação de massa acrílica.
		Execução	Instalação incorreta ou não instalação das barras de reforço. Retirada da fôrma sem que o concreto tenha atingido a resistência adequada para desfôrma.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	Escarificação da fissura, aplicação de tela poliéster e aplicação de massa acrílica.
	Posicionamento dos espaçadores	Execução	Deslocamento dos espaçadores para fora da superfície do concreto.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	Recorte do material excedente.

INSTALAÇÕES	Caixa de embutir concretada	Material	Vazios presentes nos eletrodutos e caixas de embutir.	Verificar as caixas antes da instalação.	Raspagem da superfície de concreto.
		Execução	Falha na ligação entre o eletroduto e a caixa de embutir.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	Raspagem da superfície de concreto.
	Quadros de distribuição concretados	Material	Vazios presentes nos quadros de distribuição.	Verificar os quadros antes da instalação.	Raspagem da superfície de concreto.
		Execução	Falha na ligação entre o eletroduto e os quadros de distribuição.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	Raspagem da superfície de concreto.
	Caixas de embutir com posicionamento incorreto	Execução	Falha na fixação e locação das caixas.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	"Quebrar" o local para ajuste e preencher a abertura formada com graute.
	Eletroduto aparente	Execução	Incorreta fixação do eletroduto na tela metálica ou falta de espaçadores nas laterais do eletroduto.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	"Quebrar" o local para ajuste e preencher a abertura formada com graute.
	Fissuras abaixo do quadro de distribuição	Projeto	Quadro de distribuição com espessura maior que o recomendado por norma.	Revisão do projeto estrutural, acréscimo de reforço e troca do material.	Escarificação da fissura, aplicação de tela poliéster e aplicação de massa acrílica.
		Material	Quadro de distribuição com espessura maior que o recomendado por norma.	Adequação do quadro de distribuição.	Escarificação da fissura, aplicação de tela poliéster e aplicação de massa acrílica.

MONTAGEM DE FÔRMA	Desmoldante em excesso na superfície do concreto	Execução	Aplicação em excesso de desmoldante.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	Lixamento da superfície.
	Parede fora do prumo	Execução	Fôrma montada fora do alinhamento.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	Uso de massa niveladora na superfície desalinhada.
	Falta de escoramento	Execução	Falta de escoras.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	Reforço estrutural.
ARMAÇÃO DE LAJE	Ausência de reforços	Execução	Ausência do encontro de telas e reforços durante a instalação.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	Reforço estrutural.
	Armadura exposta	Execução	Falta de cuidados com o posicionamento da armadura.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	Aplicação de graute nos vazios.

CONCRETAGEM	Contramarco Danificado	Execução	Lançamento do concreto inadequado, não preenchendo o contramarco; Desenforma do caixilho da janela com batidas e força excessiva.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	Aplicação de graute nos vazios.
	Bolhas na superfície	Material	Teor de ar incorporado diferente da especificação.	Conferência da nota fiscal do caminhão antes da concretagem.	Aplicação de argamassa nos vazios.
		Execução	Aplicação de desmoldante em baixa quantidade.	Adequação da quantidade de desmoldante aplicada na fôrma.	Aplicação de argamassa nos vazios.
	Junta Fria	Execução	Lançamento de concreto interrompido durante a concretagem.	Plano de concretagem consistente e com participação ativa da concreteira.	Instalação de armaduras de costura, capazes de resistir aos esforços de tração.
	Nichos de Concretagem	Execução	Lançamento do concreto de alturas elevadas; Alta relação água/cimento ou pelo percentual de aditivo ser elevado.	Plano de concretagem junto com a concreteira; Concreto de acordo com o especificado em projeto; Adaptação na bomba para lançamento do concreto em altura elevada.	Estucagem com argamassa.
	Frisos entre os pavimentos na fachada	Execução	Quebras durante o processo de desfôrma.	Treinamento dos colaboradores; Procedimento intensivo de inspeção.	Aplicação de argamassa.

Fonte: Arquivo pessoal (2019)

5 CONCLUSÃO

Após a análise do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco, foi observado que a obra estudada apresentou excelentes resultados finais no que se refere a qualidade das paredes, assim como no tempo de execução da obra. No entanto, algumas adaptações podem ser feitas no planejamento de execução das estruturas, no procedimento de execução, no dimensionamento das armaduras em projeto e também na conferência dos serviços, com isso as falhas identificadas podem ser corrigidas, obtendo assim melhorias no processo como um todo.

Assim, no que diz respeito à projeto verificou-se a necessidade de redimensionar a armadura de reforço das aberturas para evitar o aparecimento de trincas na região superior das portas e janelas. Também, averiguou que os quadros dos disjuntores apresentaram espessura maior que 5cm, desta forma é imprescindível a readequação dos mesmos, uma vez que as trincas apresentadas nesse local estão diretamente ligadas ao fato dos quadros possuírem espessura maior que 50% da espessura da parede, o que vai em desacordo com a NBR 16055 (2012).

Em relação às fissuras, é sugerido para a correção das mesmas a escarificação do local e colocado tela de fibra poliéster adequada e revestimento desejado. Quanto aos contramarcos danificados o mais indicado é refazer-los no local danificado. Já os defeitos localizados na superfície do concreto na parede e defeitos localizados na superfície do concreto na laje, podem ser corrigidos com argamassa.

Desta forma, no que se refere às instalações elétricas, nos locais de fixação das caixas de embutir é necessário garantir a estanqueidade da fôrma na região. Uma vez que o concreto autoadensável, utilizado na obra, possui a capacidade de escoar preenchendo todos os espaços. Sendo assim, é imprescindível assegurar que o mesmo não preencha as instalações elétricas, seja as caixas de embutir, os quadros ou os dutos. Logo, é sugerido a aplicação de espuma expansiva de poliuretano para preenchimento, de modo a evitar a fuga da nata de cimento para o interior das peças elétricas.

No que se refere ao processo construtivo, em relação as instalações elétricas, foi constatado a indispensabilidade de se fazer algumas alterações com o intuito de aprimorar o processo, evitando assim a necessidade de retrabalho e também com o intuito de reduzir o tempo das atividades. Logo, é sugerido a troca de arame por braçadeiras na fixação dos eletrodutos e caixas, tal troca garantiria que a braçadeira não estrangule o eletroduto, fato que ocorre com certa frequência no uso de arame. Essa medida reduziria o tempo de execução da atividade, reduzindo assim o gasto com mão de obra, trazendo para obra uma redução no custo. Para tais

alterações, é necessária uma cooperação entre a obra e o fornecedor do kit elétrico, de forma a adequar os kits a realidade da obra, procurando melhorar o processo.

Quanto as falhas encontradas nos itens de instalações, armação de parede, montagem de fôrma e armação de laje foi possível concluir que os problemas identificados podem ser solucionados com treinamento mais incisivo da equipe de montagem e armação. As atividades desempenhadas por estes profissionais possuem alto nível de repetitividade, assim é importante uma reciclagem do colaborador e também treinamentos para aprimorar suas atividades. Foi observado que o montador ou armador leva entorno de 2 meses para conseguir executar suas atividades com qualidade e tempo hábil, desta forma é sugerido que funcionários recém contratados tenham um acompanhamento intenso em seus primeiros meses em obra. Tal aprimoramento no treinamento dos colaboradores poderá solucionar problemas como armação aparente, eletrodutos aparentes, espaçadores aparentes, fôrma desalinhada e parede fora do prumo.

Em relação ao concreto, o ponto mais crítico é a falta de cura da estrutura, que colocou em dúvida os resultados de resistência à compressão, uma vez que os corpos de prova tiveram uma cura adequada. O principal fator que dificulta o processo de cura do concreto é a alta velocidade de execução das estruturas em parede de concreto. No entanto, é possível viabilizar uma logística de execução que permita a realização da cura pelo menos nos 7 primeiros dias. Tal cura pode ser tanto úmida como química ficando a critério do executor a escolha da técnica mais conveniente.

Também foi verificado a presença em excesso do desmoldante nas estruturas já concretadas, para efeito de solucionar tal óbice é aconselhado uma consultoria e treinamento dos montadores diretamente com o fornecedor do produto, de forma a adequar a quantidade de desmoldante a ser aplicada. Deste modo, será possível, além de melhorar o rendimento do produto, evitar o retrabalho de lixar as estruturas que apresentarem excesso de desmoldante em sua superfície.

No que se refere ao processo de concretagem, pode-se afirmar que a existência de um plano rígido de concretagem e uma melhor programação com a concreteira poderia evitar a formação de juntas frias de concretagem. Outro fator crítico é a altura de lançamento do concreto, entorno de 2,70 metros, juntamente com a pequena espessura das paredes (10cm), esses dois fatores alinhados levam ao aparecimento de segregação do concreto e também atinge as instalações elétricas podendo desloca-las ou até mesmo rompe-las. Para evitar tal situação, o planejamento da execução da concretagem pode incluir o emprego de bomba lança com válvula Rock, isso levará a redução da velocidade de lançamento do concreto. Nesse sentido,

seria necessária uma cooperação entre a construtora e a concreteira de forma a fornecer os equipamentos adequados, bem como treinar seus colaboradores para tal atividade.

Quanto aos procedimentos da empresa, verificou-se que a mesma segue criteriosamente seu Procedimento de Execução e Inspeção de Serviços. A Ficha de Inspeção, apresentada anteriormente neste trabalho, divide o processo construtivo em itens (Condições para início do serviço; Locação; Armação das paredes; Instalações; Montagem de Forma; Alinhamento, travamento e esquadro; Armação da laje; Desforma; Segurança) e aponta a metodologia e critério de avaliação. No entanto, tal formulário não discrimina detalhadamente o que deve ser inspecionado, e também não apresenta as tolerâncias permitidas em norma para os itens inspecionados. Assim, uma Ficha de Inspeção mais detalhada e discriminada auxiliaria a equipe de encarregados, engenheiros e estagiários a realizar uma inspeção mais criteriosa.

Conclui-se que para se usufruir das vantagens que o sistema construtivo oferece, é necessário que não haja retrabalho e nem patologias, tendo uma equipe bem treinada e capacitada tanto para execução como para acompanhamento e verificação dos serviços executados. Assim mantendo o tempo de execução inicial programado e assegurando que a manifestação de patologias tenha pouca ou nenhuma frequência. Logo, fica evidente que o planejamento detalhado da execução de todas as etapas das estruturas de parede de concreto é o fator necessário para evitar as possíveis falhas durante o processo. Junto a esse fator, é imprescindível o alinhamento e adaptação das técnicas existentes nas normas vigentes e na literatura com a execução prática.

Outro importante aspecto é associar o treinamento contínuo das equipes com o uso de equipamentos especializados, podendo assim reduzir significativamente o aparecimento de falhas na concretagem e montagem das armaduras e fôrma, propiciando uma qualidade ainda melhor para as estruturas, sem prejudicar na velocidade de produção e racionalização, uma vez que são esses fatores que fazem do sistema de paredes de concreto como uma alternativa competitiva para edificações residenciais de baixo e médio padrão.

No sentido de aprofundar esta pesquisa, outros trabalhos podem ser propostos, como por exemplo análise do surgimento das manifestações patológicas a médio e longo prazo, análise da logística do sistema de parede de concreto e viabilidade de estruturas de parede de concreto em obras de pequeno e médio porte.

6 REFERÊNCIAS

ABESC: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM. **Dicas ABESC: Recomendações da ABESC para tornar sua construção mais econômica e segura.** São Paulo, 46 p.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI). **ACI 533R-11 Guide for Precast Concrete Wall Panels.** 2011.

ASOCRETO: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE CONCRETO. **Manual de control de calidad del concreto en la obra.** Bogotá, 2004, 47 p.

ASSAHI, P.N. **Sistema de execução da fôrma.** São Paulo, Curso de pós-graduação lato sensu Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios, Programa de Educação Continuada em Engenharia, Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2000. Anotação de aula.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM (ABESC). **Projeto Paredes de Concreto – um grande desafio.** In: **Revista Concreto e Construções**, 2008. Ano XXXVI, nº 51.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Paredes de Concreto: coletânea de ativos.** São Paulo, 2007/2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Parede de concreto: coletânea de ativos (2011-2013)**, 2013. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/files_mf/Coletanea_PC2013.pdf>. Acesso em: 02 de outubro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos Parte 1: Projetos.** Rio de Janeiro, 41 páginas, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 221 páginas, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações - Procedimentos — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção - Referências - Elaboração.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova – Elaboração.** Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos – Elaboração.** Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento – Elaboração.** Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações – Elaboração.** Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212: Execução de concreto dosado em central – Procedimento – Elaboração.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação – Elaboração.** Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7481: Tela de aço soldada – armadura para concreto.** Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio – Elaboração.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7680: Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhas de corpos de concreto – Elaboração.** Rio de Janeiro, 2015. 104

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522: Concreto – Determinação do módulo elástico de elasticidade à compressão – Elaboração.** Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9833: Concreto fresco – Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico – Elaboração.** Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682: Estabilidade de encostas – Elaboração.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768: Aditivos químicos para concreto de cimento portland – Requisitos – Elaboração.** Rio de Janeiro, 1992.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais - Referências - Elaboração.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os Sistemas Estruturais - Referências - Elaboração.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 3: Requisitos para os Sistemas de Pisos - Referências - Elaboração.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas - Referências - Elaboração.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 5: Requisitos para os Sistemas de Coberturas - Referências - Elaboração.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823: Concreto auto – adensável – Classificação, controle e aceitação no estado fresco – Elaboração.** Rio de Janeiro, 2010. 105

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos - Elaboração.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone – Referencias – Elaboração**. Rio de Janeiro, 1998.

AZEREDO, H. A. **O edifício até sua cobertura**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1997. 178 p.

CESAN: COMPANHIA ESPÍRITO SANTAENSE DE SANEAMENTO. **Procedimento Operacional**: Concretagem. Espírito Santo, 2011, 18 p.

CICHINELLI, G. **Sistema de Fôrmas**. Revista Técnica, n. 155, fev. 2010.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de concreto: Armação**. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/2/armacao/execucao/32/armacao.html>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de concreto: Concreto**. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/2/concreto/execucao/33/concreto.html>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de concreto: Controle**. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/2/controle/qualidade/27/controle.html>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de concreto: Fôrmas**. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/2/formas/execucao/31/formas.html>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de concreto: Instalações**. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/2/instalacoes/execucao/34/instalacoes.html>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de concreto: Materiais**. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/2/materiais/qualidade/26/materiais.html>. Acesso em 30 de setembro de 2018.

ELMOR, S. **Retração – Redução e Efeito de Compensação**. Disponível em <http://www.cimentoitambem.com.br/retracao-reducao-de-efeito-e-compensacao/>. Acesso em 24 de outubro de 2018.

FARIA, R. **Concretagem**. Técnica, São Paulo, edição 229, p. 58-59, 2016.

FIESP, **Levantamento inédito mostra déficit de 6,2 milhões de moradias no Brasil**, 16 fev. 2016. Disponível em < <http://www.fiesp.com.br/noticias/levantamento-inedito-mostra-deficit-de-62-milhoes-de-moradias-no-brasil/>> acesso em: 15 jun. 2018.

MACHADO, A. P. **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono**. São Paulo: Pini, 2002. 271p.

MARQUES, C.S. **Análise crítica da norma de desempenho, ABNT NBR 15575: 2013 com ênfase em durabilidade e manutenibilidade**. 2015. 74f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Departamento de Materiais de Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

MENDES, M. V. A. S. (2016). **Estudo dos parâmetros de autoadensabilidade e de reologia de argamassas e de concretos autoadensáveis**. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.TD – 9A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 232 p.

MISURELLI H.; MASSUDA C. **Como construir parede de concreto**. Revista Técnica, e. 147, p. 74-80, jun. 2009.

NAKAMURA, J. **Escolha de fôrmas para paredes de concreto deve considerar critérios técnicos e econômicos**. Revista Técnica, n. 202, jan. 2014.

NAKAMURA, J. **Fôrmas de madeira – Cuidados na desforma**. Revista Técnica, n. 147, p. 31, jun. 2009.

SACHT, H. M. **Painéis de vedação de concreto moldado in loco: avaliação do desempenho térmico e desenvolvimento de concretos**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2008.

TUTIKIAN, B. F.; MOLIN, D. C. D. **Concreto Autoadensável**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2015. 144 p.

VALOR, **Déficit de moradias no país já chega a 7,7 milhões**, 03 de mai. 2018. Disponível em:<<https://www.valor.com.br/brasil/5498629/deficit-de-moradias-no-pais-ja-chega-77-milhoes>>. Acesso em: 12 out. 2018.