

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Frederico Heidrich Pacheco

**SISTEMA PAREDE DE CONCRETO:
ELABORAÇÃO DE LISTAS DE VERIFICAÇÃO PARA
APRIMORAR A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS**

Porto Alegre
julho 2012

FREDERICO HEIDRICH PACHECO

**SISTEMA PAREDE DE CONCRETO:
ELABORAÇÃO DE LISTAS DE VERIFICAÇÃO PARA
APRIMORAR A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Ruy Alberto Cremonini

Porto Alegre
julho 2012

FREDERICO HEIDRICH PACHECO

**SISTEMA PAREDE DE CONCRETO:
ELABORAÇÃO DE LISTAS DE VERIFICAÇÃO PARA
APRIMORAR A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS**

Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2012

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Universidade de São Paulo
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ana Paula Kirchheim UFRGS
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Eng. Vinicius Fiabani Rossi Engenharia
Eng. Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Ruy Alberto Cremonini UFRGS
Dr. pela Universidade de São Paulo

Dedico este trabalho a meus pais, Geraldo e Rosemari, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente aos meus pais, Geraldo Sabino Pacheco e Rosemari Heidrich por terem me dado todo o suporte necessário para a conclusão deste curso.

Agradeço, também, ao Gustavo da Fonseca Borges, ao Carlos Roberto Correia Nunes e à Adriana Maria Vieira, os quais fazem parte da equipe do empreendimento estudado. Eles foram fundamentais no desenvolvimento da pesquisa de campo deste trabalho.

Agradeço, ainda, à minha namorada Ana Luiza Rizzatti Filipini por toda a força que me deu para a realização deste trabalho.

Por fim, agradeço ao professor Ruy Alberto Cremonini, por ter me orientando ao longo do trabalho, sempre buscando aperfeiçoá-lo e, também, à professora Carin Maria Schmitt que sempre se mostrou disponível e interessada em me ajudar com as diversas dificuldades que encontrei para a realização do mesmo.

Há muitas maneiras de avançar, mas só uma maneira de
ficar parado.

Franklin D. Roosevelt

RESUMO

O grande aquecimento vivenciado pela construção civil vem obrigando muitas construtoras a buscarem novos sistemas construtivos que se adaptem melhor as atuais exigências do mercado. Figura dentre estes sistemas, o de parede de concreto moldadas *in loco*, que é foco desse trabalho. Através de pesquisa bibliográfica, descrevem-se as principais etapas do sistema, ressaltando pontos relevantes em cada uma delas. Posteriormente, como estudo de campo, faz-se descrição de um empreendimento localizado em São Leopoldo, que tem por característica o método construtivo em questão, detalhando características como sua sequência de execução, bem como alguns erros executivos encontrados no empreendimento. Por fim, são elaboradas listas de verificação para aprimorar a execução do sistema parede de concreto moldada *in loco*, com o intuito de melhorar a qualidade e minimizar retrabalhos.

Palavras-chave: Sistema Parede de Concreto. Etapas Executivas. Lista de Verificação. Qualidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática do delineamento da pesquisa	15
Figura 2 – Fundação <i>radier</i> com tubulações embutidas	21
Figura 3 – Fôrma metálica	23
Figura 4 – Fôrma plástica	23
Figura 5 – Fôrma composta por quadros metálicos e chapas de madeira compensada....	24
Figura 6 – Galga	26
Figura 7 – Plano de concretagem	35
Figura 8 – Espaçadores plásticos para tubulações	39
Figura 9 – Gravata, grapa, cunha e pinos	45
Figura 10 – Cantoneira, saco EP e escora	45
Figura 11 – Alinhadores e tensor	46
Figura 12 – Marcação da posição dos painéis e galga	47
Figura 13 – Armação das paredes	48
Figura 14 – Instalações elétricas nas paredes	49
Figura 15 – Aplicação de desmoldante para posicionamento dos painéis	50
Figura 16 – Travamento entre painéis com inserção da gravata	51
Figura 17 – Fôrmas com gravatas	51
Figura 18 – Gravata entre painéis de lados opostos	52
Figura 19 – Alinhadores e cantoneiras nos painéis	52
Figura 20 – Montagem das fôrmas da laje	53
Figura 21 – Proteções de periferia	54
Figura 22 – Laje armada com telas soldadas	54
Figura 23 – Instalações elétricas na laje	55
Figura 24 – Esperas de gás, esgoto, água e <i>shaft</i>	55
Figura 25 – Tensor	56
Figura 26 – Concretagem	57
Figura 27 – Ninho de concretagem	59
Figura 28 – Desníveis no teto	60
Figura 29 – Rebarba do concreto após a desforma	60
Figura 30 – Regularização das paredes e do teto	61
Figura 31 – Vão do ar condicionado desalinhado	62
Figura 32 – Eletroduto aparente	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre tipos de fôrmas.....	24
Quadro 2 – Lista de verificação da marcação das paredes	64
Quadro 3 – Lista de verificação da armação das paredes	65
Quadro 4 – Lista de verificação das instalações elétricas das paredes	66
Quadro 5 – Lista de verificação da montagem das fôrmas das paredes	67
Quadro 6 – Lista de verificação da montagem das fôrmas da laje	68
Quadro 7 – Lista de verificação da armação da laje	69
Quadro 8 – Lista de verificação das instalações da laje	70
Quadro 9 – Lista de verificação dos serviços pré-concretagem	71
Quadro 10 – Lista de verificação da concretagem	72
Quadro 11 – Lista de verificação de aceitação das paredes e laje de concreto	73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	13
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	13
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	13
2.2.1 Objetivo principal	13
2.2.2 Objetivo secundário	13
2.3 PREMISSA	13
2.4 DELIMITAÇÕES	14
2.5 LIMITAÇÕES	14
2.6 DELINEAMENTO	14
3 SISTEMAS CONSTRUTIVOS A BASE DE CONCRETO.....	16
3.1 PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO	16
3.2 PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO.....	17
3.3 PAREDE DE CONCRETO.....	18
4 ETAPAS EXECUTIVAS DO SISTEMA PAREDE DE CONCRETO	20
4.1 FUNDAÇÕES.....	20
4.2 FÔRMAS	21
4.2.1 Tipos de fôrmas	22
4.2.2 Características das fôrmas	24
4.2.3 Critérios para escolha do tipo de fôrma	25
4.2.4 Montagem das fôrmas	25
4.2.5 Desforma	27
4.3 ARMAÇÕES	27
4.3.1 Montagem das armaduras	28
4.3.2 Seção do aço	28
4.4 CONCRETO	29
4.4.1 Tipos de concreto	29
4.4.1.1 Concreto celular (tipo L1)	30
4.4.1.2 Concreto com alto teor de ar incorporado	31
4.4.1.3 Concreto com agregados leves	31
4.4.1.4 Concreto autoadensável	32
4.4.2 Lançamento do concreto	34
4.4.3 Cura do concreto	36

4.5 INSTALAÇÕES	38
4.5.1 Instalações hidráulicas	38
4.5.2 Instalações elétricas	38
4.6 Esquadrias	40
5 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO ESTUDADO	41
5.1 CICLO DE PRODUÇÃO	41
5.2 FUNDAÇÕES	42
5.3 CONCRETO	42
5.4 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	43
5.5 FÔRMAS	44
5.6 SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO	46
5.6.1 Marcação das paredes	46
5.6.2 Armação das paredes	47
5.6.3 Instalações elétricas das paredes	48
5.6.4 Montagem das fôrmas das paredes	49
5.6.5 Montagem das fôrmas da laje	53
5.6.6 Armação da laje	54
5.6.7 Instalações na laje	55
5.6.8 Serviços pré-concretagem	56
5.6.9 Concretagem	56
5.7 MÃO DE OBRA	57
5.8 PROBLEMAS OBSERVADOS NO EMPREENDIMENTO	57
5.8.1 Falhas de concretagem	58
5.8.2 Irregularidades nas paredes e tetos	59
5.8.3 Alinhamento da espera do ar condicionado	61
5.8.4 Eletroduto aparente	62
6 LISTAS DE VERIFICAÇÃO	63
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS	75

1 INTRODUÇÃO

Estímulos governamentais, como o programa Minha Casa Minha Vida, cujo objetivo principal é a produção em larga escala de unidades habitacionais para reduzir o déficit habitacional do País, têm possibilitado um grande crescimento na construção civil brasileira. Com esse crescimento, gerou-se um novo mercado, com novas exigências. As construtoras buscam então adotar sistemas construtivos mais racionalizados, a fim de atender melhor a essa nova demanda.

Como boa alternativa para o novo mercado, gerado pelo *boom* imobiliário que se instalou no Brasil, figura o sistema de parede de concreto moldado *in loco*, também chamado sistema parede de concreto. Esse sistema, até então, não havia conseguido se consolidar, devido às limitações financeiras do mercado imobiliário. Sabe-se que, “As experiências mais recentes e inspiradoras do sistema parede de concreto vêm de países parecidos com o Brasil, como Colômbia e México, além de outras nações da América Central.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 12).

O sistema construtivo de parede de concreto atende perfeitamente às atuais premissas do mercado, sendo recomendável para a produção de unidades habitacionais que se caracterizam por serem empreendimentos com alta repetitividade. Uma de suas características mais visíveis é que a estrutura e a vedação são formadas por um único elemento, a parede de concreto, que é moldada *in loco*. No interior da parede de concreto, previamente à concretagem, são incorporados os componentes necessários, de modo que, com a retirada das fôrmas já se tenham as instalações elétricas e hidráulicas, elementos de fixação, caixilhos de portas e janelas e demais elementos embutidos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 1, 12).

Alguns dos principais aspectos que tornam este sistema extremamente atrativo e o leva cada vez mais a ser empregado nos canteiros de obra do Brasil são (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. [10]):

- a) competitividade para o negócio, admitida pela maior produtividade e pela relação custo x benefício do sistema;

- b) segurança em todos os níveis (normativa, operacional, comercial);
- c) desempenho técnico, determinado pela existência de produtos com alta tecnologia e uma longa história de evolução;
- d) qualidade final garantida por materiais normalizados e por controle tecnológico.

Tendo em vista as mudanças do mercado e as novas demandas por tecnologias citadas acima, esse trabalho tem por objetivo a elaboração de listas de verificação que auxiliem no entendimento e execução do sistema parede de concreto. Com isso, busca-se maximizar suas vantagens e atenuar suas desvantagens, a fim de aumentar a qualidade do sistema.

Sendo assim, no capítulo 2 do presente trabalho serão apresentadas as diretrizes da pesquisa, que incluem a questão de pesquisa, os objetivos, principal e secundário, a premissa, as delimitações, as limitações e o delineamento. Já nos capítulos 3 e 4, frutos de revisão bibliográfica, são abordados, respectivamente, os principais sistemas construtivos a base de concreto e as etapas executivas do sistema parede de concreto. Dentre as etapas, discorre-se sobre fundações, fôrmas, armações, concreto, instalações e esquadrias. No capítulo 5, descreve-se o trabalho de campo, realizado em uma obra no sistema parede de concreto, localizada na cidade de São Leopoldo. Aborda-se, nesse capítulo, o ciclo produtivo do empreendimento em questão, bem como suas características, sequência de execução e principais problemas encontrados. No capítulo 6, com base na revisão bibliográfica e no estudo de campo, montam-se listas de verificação das etapas executivas do sistema, a fim de agregar o máximo de qualidade possível para o produto final e evitar retrabalhos por procedimentos mal executados. Por fim, no capítulo 7, são apresentadas as considerações finais do trabalho.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: quais são as diretrizes que devem ser adotadas para se aprimorar a execução dos serviços em um sistema de parede de concreto?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a elaboração de listas de verificação que auxiliem na execução do sistema parede de concreto, visando aumentar a qualidade na utilização do sistema.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário do trabalho é a descrição das etapas e procedimentos corretos necessários para a execução de serviços em um sistema de parede de concreto, destacando aqueles que são mais críticos para a obtenção de qualidade na obra.

2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que o emprego de rotinas de conferência durante a execução em um sistema de parede de concreto aumenta a qualidade final do produto, principalmente por ser um sistema ainda pouco empregado do Brasil.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao emprego do sistema parede de concreto em edifícios com térreo e mais quatro pavimentos, projetados para habitações populares.

2.5 LIMITAÇÕES

Este trabalho tem como limitação ser fruto de revisão bibliográfica e da coleta de dados referentes a um único empreendimento. Também, tem-se como limitação do trabalho, o fato da NBR 16055:2012 – Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos – ter sido publicada somente no dia 10 de abril de 2012 e, por este motivo, a mesma não foi utilizada como referência para os capítulos 3 e 4, que fazem parte da revisão bibliográfica do trabalho e foram escritos previamente a sua publicação. Já os capítulos 5 e 6, posteriormente escritos, fazem uso da norma como bibliografia.

2.6 DELINEAMENTO

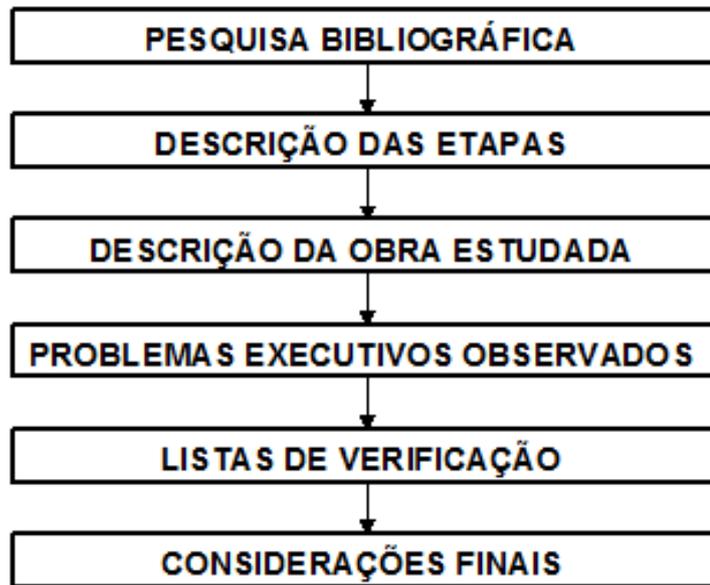
Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas as seguintes etapas:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) descrição das etapas de execução do sistema parede de concreto;
- c) descrição da obra estudada;
- d) problemas executivos observados no empreendimento;
- e) elaboração de listas de verificação para a execução;
- f) considerações finais.

A figura 1 mostra a forma como se relacionam esses itens e a sequência de elaboração deste trabalho, que terá breve explicação a seguir.

Realizou-se, durante todo o trabalho, pesquisa bibliográfica para embasamento teórico sobre o tema. Foram coletadas informações principalmente sobre a execução dos serviços. Assim, primeiramente, serão descritas as etapas executivas, dando enfoque as de maior importância. A descrição será dividida em cinco grupos principais, são eles: fundações, fôrmas, armaduras, concreto e instalações.

Figura 1 – Representação esquemática do delineamento da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A seguir, foi feito um estudo de campo em um empreendimento de parede de concreto moldada *in loco*. Neste capítulo, detalhou-se o ciclo produtivo da obra em questão, bem como, a sequência executiva do sistema e alguns problemas gerados por falhas na execução dos serviços.

Posteriormente, baseado na revisão bibliográfica e no estudo de campo, elaboraram-se listas de verificação para a adequada execução do sistema, a fim de agregar maior qualidade ao produto final. As listas abordam marcação das paredes, armação das paredes e lajes, instalações das paredes e lajes, montagem das fôrmas das paredes e das lajes e concretagem do conjunto.

3 SISTEMAS CONSTRUTIVOS À BASE DE CONCRETO

Como já foi mencionado, com a expansão do crédito imobiliário e a necessidade de construir mais e em menor tempo, o Brasil vem buscando sistemas construtivos que possibilitem agilidade no processo da construção. De acordo com Faria (2009), o sistema convencional de construção não conseguiu mais suprir o mercado aquecido de imóveis, pois com o crescimento da demanda, os equipamentos, mão de obra e materiais tornaram-se escassos. Assim, as construtoras perderam a possibilidade de cumprir prazos e manter custos adequados para o seguimento popular que surgia. Tendo em vista esses aspectos, o estudo de alternativas tecnológicas tornou-se imprescindível na tentativa de equilibrar custo, cronograma e qualidade no segmento popular.

A competição das empresas do setor baseia-se, principalmente, no sistema construtivo por elas adotado e na busca por mão de obra qualificada. As principais alternativas de sistemas construtivos para essa rápida expansão são alvenaria estrutural em blocos de concreto, pré-fabricados e parede de concreto moldada *in loco*. Cada um desses sistemas apresenta características próprias que, em determinados momentos, podem ser considerados pelas empresas como vantagens ou desvantagens. O sistema parede de concreto, por exemplo, oferece maior mobilidade e rapidez, enquanto a alvenaria estrutural oferece baixo investimento, mas em contrapartida, maior uso de mão de obra. O sistema de pré-fabricados dispõe de rapidez e alto nível de industrialização. Sendo assim, um setor tão aquecido e que busca um alto número de construções por ano, só conseguirá se manter através da adoção de estratégias de industrialização que visem processos repetitivos (QUAL O SISTEMA..., 2007, p. 8).

A seguir são apresentados alguns sistemas construtivos a base de concreto, dentre os quais está o sistema de parede de concreto, foco desse trabalho.

3.1 PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO

A NBR 9062 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p. 3), define o sistema pré-moldado como “[...] Elemento moldado previamente e fora do local de

utilização definitiva na estrutura [...]”. Como um bom exemplo deste sistema, tem-se o *tilt-up*, que, segundo Rosso (2008), só ficou reconhecido no início do século XX, apesar de ser uma prática de construção exercida desde o Império Romano, é um sistema que se caracteriza por ter suas peças concretadas sobre o piso e depois içadas para o local definitivo. O termo *tilt-up*, sem tradução para o português, significa colocar para cima ou de pé. Esse sistema demanda menos elementos de fundação, bem como pilares periféricos, pois as lajes e a cobertura travam o conjunto. É, atualmente, difundido e consagrado em todo o território nacional, o *tilt-up* possibilita execução de projetos com grandes dimensões e assegura maior controle da obra.

Para Rosso (2008), o *tilt-up* é um sistema recomendado, principalmente, para obras de um pavimento com pé direito de até 15m. Também pode ser usado para edifícios verticais, casas em larga escala, shoppings e estádios. Ainda de acordo com Rosso (2008, p. 42), “Quando é impossível recorrer ao pré-moldado industrializado, o *tilt-up* viabiliza projetos de grande porte, vence distâncias, otimiza custos e agiliza prazos.”.

A autora afirma, também, que algumas das qualidades do *tilt-up* são o fato de não exigir transporte, otimizar o canteiro e poder reutilizar fôrmas dos mais variados desenhos, dimensões e formas. Além disso, o *tilt-up* gera muito pouco resíduo, pois não ocorrem desperdícios na utilização do concreto e da madeira, sendo considerado, portanto, um sistema limpo. Também é econômico, já que é feito no próprio canteiro e não recorre à mão de obra extra e especializada, e não necessita contribuição de IPI e ICMS. Porém, afirma que as desvantagens desse sistema residem na disponibilidade local de guindastes, concreto e aço.

3.2 PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

Segundo a NBR 9062, pré-fabricado é um “Elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim [...]” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p. 3). Segundo Loturco (2005), o mercado considera pré-fabricada todas as peças produzidas em fábrica, que são encomendadas e trazidas para o canteiro por fornecedores especializados.

Loturco (2005), afirma que pelo fato do sistema de pré-fabricados tornar a execução da obra mais rápida e mais precisa, muitas vezes ele é escolhido apesar de ser, em geral, de maior custo que peças similares moldadas *in loco*. Ainda, por possuir um melhor controle tecnológico na sua produção, é esperado que peças pré-fabricadas tenham maior qualidade

que peças moldadas *in loco*, outra vantagem do sistema. Porém, é muito importante para a viabilização do sistema, que haja a disponibilidade de equipamentos para içamento, sendo também necessário haver um planejamento prévio que leve em conta os aspectos operacionais do sistema, como a chegada de materiais, deslocamento e montagem das peças.

O autor cita ainda que uma limitação que pode ser observada no sistema é a necessidade de se ter um fluxo de caixa que acompanhe o ritmo da obra, nesse caso, mais rápido que os modelos tradicionais de construção. Há, também, o fato do sistema não ser muito viável para empreendimentos com mais de 12 andares, pois aí torna-se necessário o aumento da espessura e conseqüente aumento do peso das peças, acarretando um maior preço final para obra.

3.3 PAREDE DE CONCRETO

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 12-15), o sistema construtivo de parede de concreto caracteriza-se, principalmente, por ter sua estrutura e sua vedação formadas por um único elemento, a parede de concreto, que é moldada *in loco*. Ainda, nelas podem ser incorporadas as instalações e esquadrias. Ele oferece uma opção sustentável para a construção civil, por utilizar insumos industrializados que são submetidos a controle ambiental em sua produção, fôrmas que podem ser reaproveitadas várias vezes e por diminuir consideravelmente o desperdício e o descarte de resíduos.

Os autores afirmam que o sistema permite obter ganho em área útil para uma mesma área total da unidade, pela diminuição da espessura das paredes que o sistema de parede de concreto possibilita em relação às paredes de alvenaria tradicional, valorizando mais o produto final. Ainda, neste sistema a mão de obra tem sua produtividade maximizada pelos treinamentos direcionados para o sistema, que capacitam os operários a executarem todas as tarefas necessárias, tornando-os multifuncionais, reduzindo a mão de obra necessária. O sistema conta também com uma maior velocidade na execução do projeto, buscando garantir o cumprimento de prazo e maior controle de qualidade através da industrialização do processo e qualificação da mão de obra.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 7):

Poucos métodos construtivos podem ser considerados tão sistematizados quanto o parede de concreto, sistema baseado inteiramente em conceitos de industrialização

de materiais e equipamentos, mecanização, modulação, controle tecnológico, multifuncionalidade e qualificação da mão de obra.

Os autores, também afirmam que o sistema parede de concreto se baseou em experiências industrializadas de construção em concreto celular e convencional das décadas de 70 e 90. Hoje, o sistema inspira-se em países da América Latina, como Colômbia e México, entre outros, que se parecem com o Brasil em certos aspectos da construção civil. Ainda, no século XX, com a falta de estímulo financeiro no que dizia respeito às habitações, o sistema encontrou barreiras para se estabelecer no mercado brasileiro como opção tecnológica. A partir daí, com um maior investimento no mercado imobiliário nacional, acarretando maior demanda por moradias e produção aumentada de edificações, o sistema parede de concreto encontrou um ambiente mais favorável para desenvolver-se e consolidar-se.

4 ETAPAS EXECUTIVAS DO SISTEMA PAREDE DE CONCRETO

Para um melhor entendimento da execução de uma obra que utiliza o sistema parede de concreto, as etapas da construção foram divididas em: fundações, fôrmas, armações, concreto, instalações e esquadrias. Cada uma dessas etapas será abordada a seguir, visando ressaltar aspectos importantes para aprimorar sua realização.

4.1 FUNDAÇÕES

As fundações são elementos estruturais da obra cuja finalidade é receber todo o peso do prédio e transferi-lo para as camadas mais resistentes do solo. Os locais de maior resistência do solo, nessa etapa da obra, já foram previamente analisados e localizados através de testes específicos, como teste de sondagem e perfil do subsolo. As fundações, de um modo geral, devem ser projetadas e executadas de modo a garantir segurança, funcionalidade e durabilidade (ALONSO, 1991).

Segundo Misurelli e Massuda (2009), a escolha do tipo de fundação empregada segue requisitos básicos como segurança, estabilidade e durabilidade, levando em conta, ainda, o alinhamento e nivelamento necessários para a produção das paredes. De acordo com Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 76), deve-se proceder com a execução de uma laje/piso na cota do terreno, que deve ser “[...] construída excedendo a dimensão igual à espessura dos painéis externos das fôrmas, para permitir apoio e fácil montagem dos moldes.”, a fim de que não se trabalhe no terreno bruto. Ainda, as fundações devem ser construídas com tubulações de águas e pontos de conexão já embutidas na sua estrutura (figura 2), tornando-se necessário o posicionamento adequado dessas tubulações com gabarito específico conforme o projeto de instalações antes que se proceda a concretagem.

Os tipos de fundações usadas dependem de especificações do projeto, podendo-se empregar sistemas de fundações em sapata corrida, *radier* ou blocos de travamento para estacas ou tubulões (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 77).

Figura 2 – Fundação *radier* com tubulações embutidas

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 77)

Por Misurelli e Massuda (2009, p. [4]), as principais recomendações de execução na etapa das fundações são:

- a) a locação e o nivelamento das fundações devem estar de acordo com o projeto arquitetônico e as fôrmas;
- b) deve-se tomar todas as precauções para evitar que a umidade do solo migre para a edificação;
- c) recomenda-se a realização da cura úmida do concreto por um período mínimo de sete dias para as fundações em laje tipo radier;
- d) 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.

4.2 FÔRMAS

O emprego do concreto, em suas mais variadas modalidades, sempre esteve intimamente ligado a utilização de fôrmas. É função das fôrmas, que são estruturas provisórias, segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 77), “[...] resistir a todas as pressões do lançamento do concreto até que este adquira resistência suficiente para a desforma.”.

Mascarenhas (1988, p. 11 e 12) ressalta que, para ser obtido um resultado satisfatório na confecção dos elementos de concreto, é necessário que as fôrmas atendam a várias exigências, sendo as principais destacadas a seguir:

- a) definir as dimensões e os formatos;

- b) posicionar as peças;
- c) permitir a obtenção das superfícies especificadas;
- d) manter a estabilidade do concreto novo;
- e) possibilitar o posicionamento de elementos nas peças;
- f) proteger o concreto novo;
- g) evitar a fuga de finos do concreto;
- h) limitar a fuga de água do concreto fresco.

Nos próximos subitens, serão esclarecidos alguns aspectos importantes sobre as fôrmas, tais como os tipos mais recomendados, suas características e os critérios de escolha para melhor atender as necessidades da obra. Serão abordados também detalhes sobre sua montagem e desforma.

4.2.1 Tipos de fôrmas

Segundo Mascarenhas (1988, p. 26):

É um fato evidente o melhor nível de um serviço também depender, e diretamente, da qualidade do material empregado para esse fim. Cabe, portanto, ao construtor buscar o equilíbrio, de acordo com o padrão de trabalho a realizar, entre o nível de qualidade e o preço do material a empregar.

Para a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 78), são três os tipos de fôrmas recomendados para a execução do sistema de parede de concreto. São elas:

- a) metálicas;
- b) plásticas;
- c) compostas por quadros metálicos e chapas de madeira compensada.

As fôrmas metálicas, como mostra a figura 3, utilizam quadros metálicos para a estruturação de seus painéis e chapas metálicas para dar acabamento à peça concretada. Os quadros e chapas geralmente são feitos de aço ou alumínio.

Já as fôrmas plásticas são compostas por quadros e chapas feitos de plástico reciclável, que são responsáveis, respectivamente, pela estruturação dos painéis e pelo acabamento da peça concretada. Deve ser feito contraventamento com estrutura metálica, como mostra a figura 4.

Figura 3 – Fôrma metálica



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 78)

Figura 4 – Fôrma plástica



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 78)

Por fim, as fôrmas compostas por quadros metálicos e chapas de madeira compensada (figura 5), como o próprio nome indica, possuem quadros com peças metálicas, geralmente de aço ou alumínio, que são responsáveis pela estruturação dos painéis. O acabamento da peça concretada é garantido por chapas de madeira ou de material sintético.

Figura 5 – Fôrma composta por quadros metálicos e chapas de madeira compensada



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 78)

4.2.2 Características das fôrmas

No quadro 1 estão correlacionadas as vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de fôrmas segundo Mayor (2008).

Quadro 1 – Comparativo entre tipos de fôrmas

TIPO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Fôrmas de Alumínio	<ul style="list-style-type: none"> -Equipamentos leves -Painéis com boa durabilidade -Acabamento superficial bom -Rapidez de montagem -Boa estanqueidade -Boa qualidade no prumo e alinhamento 	<ul style="list-style-type: none"> -Pouca disponibilidade no mercado nacional -Alto custo -Necessidade de treinamento para mão-de-obra -Dificuldades na modulação
Fôrmas Plásticas	<ul style="list-style-type: none"> -Baixo custo -Possibilidade de modulação -Painéis leves -Disponibilidade de locação 	<ul style="list-style-type: none"> -Acabamento superficial ruim -Poucos fornecedores -Menor durabilidade -Dificuldades com prumo e alinhamento
Fôrmas metálica mais compensado	<ul style="list-style-type: none"> -Bom acabamento superficial -Rapidez de montagem -Grande disponibilidade -Grande durabilidade -Menor custo com adoção de equipamentos nacionais 	<ul style="list-style-type: none"> -Grande quantidade de peças soltas -Painéis mais pesados podendo haver necessidade de guias e guindastes -Necessidade de troca frequente das chapas

(fonte: baseado em MAYOR, 2008)

4.2.3 Critérios para escolha do tipo de fôrma

Tanto para Faria (2009) quanto para a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2009, p. 54-55) os critérios mais importantes para a escolha do tipo de fôrma mais adequado às necessidades de cada obra são:

- a) produtividade da mão de obra;
- b) peso dos painéis;
- c) número de peças soltas que podem vir a ser perdidas ou que gerem mais etapas na montagem;
- d) durabilidade das chapas;
- e) durabilidade das estruturas;
- f) compatibilização entre modulação das fôrmas e dimensões do projeto;
- g) facilidade na inserção das instalações, esquadrias, etc;
- h) formas de fornecimento e tipos de contratação;
- i) custos envolvidos.

4.2.4 Montagem das fôrmas

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 79-80), começa-se a montagem das fôrmas verificando o nivelamento do piso, para evitar que o topo dos painéis fiquem desnivelados e, conseqüentemente, que a parte superior das paredes, com descontinuidades em seu alinhamento.

A montagem continua com a marcação das linhas das paredes, com o intuito de melhor orientar a posição dos painéis. É comum também, para facilitar ainda mais o posicionamento correto dos painéis, a colocação de galgas (figura 6) na face interna das linhas. As galgas devem ser fixadas com a utilização de um tiro de pistola ou ainda com um prego de aço, funcionando como uma espécie de trava para possíveis deslocamentos dos painéis (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2010, p. 56).

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 80-81), pode-se prosseguir com a execução de duas formas depois da marcação da linha das paredes. A primeira, com o posicionamento das fôrmas na face interna da parede e subsequente montagem das armaduras, reforços, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias e esquadrias. Por fim, é fechada a fôrma com a montagem da face externa dos painéis.

Figura 6 – Galga



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2010, p. 56)

Na outra maneira de seguir com a execução, o fechamento das fôrmas é feito no final, com a montagem dos painéis externos e internos juntos, iniciando a montagem pelas armaduras, reforços, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias e esquadrias. De qualquer modo, é importante que alguns cuidados sejam tomados à medida que as fôrmas vão sendo montadas, os principais são descritos a seguir:

- a) identificação e numeração dos painéis no projeto executivo, e posterior numeração no corpo dos painéis para auxiliar nas montagens e remontagens;
- b) verificar a aplicação de desmoldantes nos painéis antes das concretagem;
- c) inserir os caixilhos, tais como portas e janelas;
- d) utilização de grampos de fixação entre painéis;
- e) utilização das escoras prumadoras, que mantêm os painéis na vertical e possibilitam ajustes milimétricos no prumo das paredes;
- f) colocação das ancoragens para que as fôrmas possam resistir às pressões do concreto, enquanto ainda fresco;
- g) sempre que possível, iniciar a montagem das fôrmas pelas paredes hidráulicas, iniciando pelos cantos, para facilitar o posicionamento das tubulações no centro da parede.

Os mesmos autores afirmam ainda que é de extrema importância que seja aplicado, antes das concretagens, o desmoldante nos painéis. Ele tem como função evitar que o concreto fique aderido nos painéis, o que resultaria em maiores dificuldades na desforma e na limpeza dos mesmos, podendo ocasionar danos nas fôrmas e imperfeições na superfície das paredes.

De acordo com o mesmo autor, deve-se ter cuidado com o desmoldante a ser aplicado, pois cada um destina-se a um ou mais tipos de fôrmas, e seu uso incorreto pode deixar resíduos na

superfície das paredes, comprometendo assim, a aderência do revestimento final a ser aplicado.

4.2.5 Desforma

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 82), após o concreto ter adquirido a resistência mínima estabelecida pelo projetista de estruturas, pode-se começar a desforma das paredes. É muito importante que nesta etapa, sejam minimizados os choques na retirada das fôrmas, a fim de evitar fissuras nas paredes devido aos esforços mecânicos. Logo que for terminada a desforma, deve ser feita a limpeza das fôrmas, se possível no local onde serão reutilizadas novamente, visando reduzir perdas em produtividade por deslocamentos desnecessários.

Para os mesmos autores, na limpeza faz-se a remoção total dos resíduos que se encontram aderidos nos painéis. Para sua realização, geralmente, são utilizados jatos de água, tendo-se o cuidado de regular sua força para não causar danos à superfície dos painéis. Mais demorada, mas também muito utilizada como forma de limpeza das fôrmas, é a utilização de escova ou espátula em conjunto com a água. Finalizada a limpeza, aplica-se o desmoldante, e a fôrma está pronta para nova utilização.

4.3 ARMAÇÕES

A NBR 7481 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990, p. 1) define tela de aço soldada como uma "Armadura pré-fabricada, destinada a armar o concreto, em forma de rede de malhas retangulares, constituída de fios de aço longitudinais e transversais, sobrepostos e soldados em todos os pontos de contato (nós), por resistência elétrica (caldeamento)". De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008), as telas soldadas são a escolha de armadura para o sistema parede de concreto. Sua montagem se dá de acordo com especificações do projeto estrutural, seguindo as características das peças, posicionamento, colocação de reforços e insertos. As armaduras são de absoluta importância no sistema parede de concreto desempenhando, além de função estrutural de resistir a esforços de flexo-torção nas paredes, controle de retração do concreto e, ainda, papel na estruturação e fixação de elementos da rede elétrica e hidráulica.

Além disso, o mesmo Instituto atenta para o armazenamento das telas soldadas, que deve ser feito de modo a facilitar a montagem durante a execução da obra, podendo ser armazenadas horizontalmente, quando se dispõe de área suficiente para estocagem do material ou em cavaletes, quando esse espaço é limitado. Deve-se, em qualquer desses casos, identificar e separar as peças por tipo, posição e local de aplicação.

Faria (2007), ressalta que, nessa etapa da obra, o aço é o componente mais caro, havendo uma constante busca pelo aumento da produtividade da mão de obra para equilibrar os custos. Deve-se dar atenção ao local onde a obra está sendo executada pelo encarecimento do preço do aço cortado e dobrado quando a distância entre fornecedores e o canteiro de obra é muito grande.

Na etapa das armaduras, tem papel de destaque o procedimento de montagem das mesmas e a seção do aço utilizado na armação. Estes itens são descritos a seguir.

4.3.1 Montagem das armaduras

Como já foi dito, a montagem das telas segue as características do projeto. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 84), a montagem começa pela armadura principal, em tela soldada e segue pelas armaduras de reforço, ancoragens de cantos e cintas. Afirmam, ainda, que, pode “[...] agilizar a montagem das armaduras cortando previamente os locais onde serão posicionadas as esquadrias de portas e janelas, caso o projeto não preveja este procedimento.”. O posicionamento das telas e a geometria dos painéis são assegurados com a colocação dos espaçadores plásticos, finalizando a montagem.

4.3.2 Seção do aço

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2009, p. 15),

A seção mínima do aço das armaduras verticais deve corresponder a no mínimo 0,09% da seção de concreto. Para construções de até dois pavimentos ou os dois últimos pavimentos de um edifício, permite-se a utilização de armadura mínima equivalente a 66% destes valores. A seção mínima de aço das armaduras horizontais deve corresponder a, no mínimo, 0,15% da seção de concreto. [...] paredes com até 6 m de comprimento horizontal, permite-se [...], no mínimo, 60% destes valores, desde que se utilizem fibras ou outros materiais que comprovadamente contribuam para minorar a retração do concreto. Respeitada essa condição, as construções de até dois pavimentos ou os dois últimos pavimentos de um edifício admitem uma armadura mínima de 40% do valor especificado.

4.4 CONCRETO

Segundo Giammusso (1992, p. 20),

O concreto é constituído por uma mistura de água, cimento e agregados inertes, em partículas de diversos tamanhos. A água e o cimento, quando recém misturados, formam uma pasta que com o tempo se endurece adquirindo resistência mecânica e aderindo às partículas de agregado.

Dentre as características do concreto fresco, uma das que apresenta grande importância no sistema de parede de concreto, é a trabalhabilidade. Petrucci (1983, p. 82) a define como “[...] a propriedade do concreto fresco que identifica sua maior ou menor aptidão para ser empregada com determinada finalidade, sem perda de homogeneidade.”. Segundo o *American Concrete Institute* (1990), trabalhabilidade é a propriedade do concreto fresco que determina a facilidade e a homogeneidade com que o concreto pode ser misturado, lançado, adensado e acabado.

A consistência e a coesão são as duas principais características que podem ser relacionadas com a trabalhabilidade. A primeira depende, principalmente, da quantidade de água, e seu aumento torna mais plástica a mistura, conseqüentemente, mais trabalhável. A segunda diz respeito à capacidade dos componentes do concreto de se manterem misturados. Excesso de água, um baixo teor de finos e baixo teor de ar incorporado são alguns dos fatores que podem levar à separação dos componentes do concreto (GIAMMUSSO, 1992, p. 33-36).

Para que a etapa de concretagem seja executada de maneira a corresponder às necessidades da obra, deve-se fazer a escolha certa do tipo de concreto a ser utilizado. A seguir, proceder com o recebimento do mesmo, verificando se o pedido corresponde ao que está sendo entregue no canteiro de obra. O lançamento e a cura do concreto também são itens que devem ser abordados nesta etapa, visto sua importância para a qualidade final da parede. Estes são os próximos itens apresentados.

4.4.1 Tipos de concreto

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 137), são quatro os tipos de concreto mais recomendados para a utilização em sistema de parede de concreto. São eles:

- a) celular (tipo L1);

- b) com alto teor de ar incorporado;
- c) com agregados leves ou baixa massa específica;
- d) concreto autoadensável.

A recomendação do uso de um desses quatro tipos de concreto, de acordo com os mesmo autores, se faz pela necessidade de que o concreto tenha uma trabalhabilidade adequada para o sistema parede de concreto, buscando o preenchimento completo das fôrmas e um bom acabamento para a superfície. A seguir, será brevemente abordado cada um dos tipos de concreto que os autores recomendam.

4.4.1.1 Concreto celular (tipo L1)

O concreto celular tem como definição, segundo Ferreira (1987, p. 2), ser

[...] um concreto leve que resultou da pega de uma mistura composta de aglomerantes e agregados classificados na categoria de finos, com massa específica aparente seca inferior a 1850 kg/m^3 e superior a 400 kg/m^3 . Esta mistura sofre tratamento mecânico, físico e ou químico, destinado a criar na sua massa uma alta porcentagem de poros esféricos, de dimensão regular e milimétrica, uniformemente distribuídos, que permanecem estáveis, incomunicáveis e indeformáveis durante todo o processo.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 137), o concreto celular tem uma massa específica que varia entre 1500 kg/m^3 a 1600 kg/m^3 , com uma resistência mínima à compressão de 4 MPa. É um concreto que possui grande quantidade de bolhas de ar distribuídas uniformemente em seu interior, resultado da inclusão de uma espuma especial no seu preparo, garantindo a propriedade de concreto leve, com bom desempenho térmico e acústico. Ainda, usa-se habitualmente o tipo celular em estruturas de até dois pavimentos, desde que a resistência especificada não seja inferior à resistência mínima deste tipo de concreto.

Ainda de acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 91-92), para o concreto celular, a mistura da espuma deve ser feita no canteiro de obra. Também, o tempo decorrente entre o término da mistura e o lançamento do concreto nas fôrmas, não deve ultrapassar 30 minutos.

Sendo assim, devem-se levar em consideração as características próprias do concreto celular na hora de optar por este ou outro tipo de concreto. O fato de que este concreto só é recomendado para edificações de até dois pavimentos (em uma resistência especificada igual

à resistência mínima) e de que o lançamento nas fôrmas deve ser feito no máximo até 30 minutos após a mistura da espuma são desvantagens do concreto celular. Porém, uma vantagem que se contrapõe é o fato de que este concreto possui baixa massa específica, garantindo maior leveza quando comparado ao mesmo volume de outro tipo de concreto. Ainda, tem como vantagens o bom desempenho térmico e acústico.

4.4.1.2 Concreto com alto teor de ar incorporado

O concreto com alto teor de ar incorporado (máximo de 9%), segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 137), assim como o concreto celular, também possui bom desempenho térmico e acústico e também é recomendado para edificações de até dois pavimentos. Porém, sua massa específica varia de 1900 kg/m³ a 2000 kg/m³ e sua resistência mínima à compressão é de 6 MPa.

De acordo com Petrucci (1983, p. 240-241), no concreto “[...] o ar naturalmente incorporado raramente excede 1,5% [...]”. Ainda de acordo com o mesmo autor, as bolhas de ar intencionalmente incorporadas “[...] ao concreto atuam como um agregado fino adicional, que possui coeficiente de atrito nulo em relação aos grãos rígidos vizinhos. Deste modo, o ar melhora a plasticidade e a trabalhabilidade do concreto fresco.”.

Portanto, o concreto com alto teor de ar incorporado, preenche praticamente os mesmos requisitos do concreto celular. Atentando-se para o fato de que ambos os concretos podem ser usados para estruturas de múltiplos pavimentos, desde que se especifique uma resistência superior à resistência mínima de 4 e 6 MPa, para o concreto celular e para o concreto com alto teor de ar incorporado, respectivamente.

4.4.1.3 Concreto com agregados leves

Segundo Petrucci (1983, p. 228), os agregados deste tipo de concreto, por possuírem estrutura celular porosa, apresentam células de ar dentro das suas partículas. Este fato confere uma massa específica inferior a estes agregados, quando comparada a de agregados naturais, o que torna os concretos produzidos com este tipo de agregado mais leves. Ainda, afirma que “A resistência varia no mesmo sentido da massa específica, acontecendo o inverso com o isolamento térmico.”.

O concreto com agregados leves, utilizado no sistema parede de concreto, de acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 137), é um concreto com desempenho térmico e acústico bom, mas inferior ao desempenho dos concretos celulares e dos concretos com alto teor de ar incorporado. Sua massa específica deve variar de 1500 a 1800 kg/m³ e a resistência mínima à compressão é de 25 MPa, para este sistema. Por apresentar esta resistência mínima à compressão, mais elevada que os outros tipos de concreto já citados, pode ser usado em edificações de qualquer tipologia. O agregado leve, neste tipo de concreto, deve ser somente a argila expandida, pois, de acordo com a mesma fonte, as outras opções de agregados leves não atingiram a resistência necessária.

No que diz respeito à argila, usada como agregado leve, Petrucci (1983, p. 235-236) afirma que “Certas argilas aquecidas rapidamente a temperaturas entre 1000 e 1200°C desenvolvem gases que aprisionados na massa de alta viscosidade originam expansões, dando as chamadas argilas expandidas.”.

4.4.1.4 Concreto autoadensável

O concreto autoadensável, segundo Tutikian e Dal Molin (2008, p. [27]), é um tipo de concreto com composição semelhante ao concreto convencional, porém com maior quantidade de agregados finos e aditivos plastificantes, superplastificantes e/ou modificadores de viscosidade.

Para que um concreto seja considerado autoadensável (CAA), é imprescindível que ele apresente os seguintes requisitos (EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS, 2002):

- a) preencher todos os vazios no interior da fôrma;
- b) passar através de pequenas aberturas, como áreas com grande quantidade de barras de ferro;
- c) permanecer uniforme e coeso durante o processo de concretagem.

O concreto autoadensável, usado no sistema parede de concreto, possui como característica uma massa específica entre 2000 e 2800 kg/m³ e uma resistência mínima à compressão de 20 MPa (ASSOCIAÇÃO BRASIELIRA DE CIMENTO PORTLAND et al. 2008, p. 137). Afirmam, ainda, que, este concreto é uma excelente opção para o sistema parede de concreto, pois tem como vantagens o fato de ser extremamente plástico e ter aplicação muito rápida.

Sua plasticidade faz com que o uso de vibradores seja dispensado. Segundo Tutikian e Dal Molin (2008, p. 9):

O CAA não pode depender de nenhum tipo de ajuda externa para cumprir o seu papel. O uso de vibradores de imersão, régua vibratórias ou qualquer outra forma de compactação é estritamente proibida em um CAA. A única ferramenta disponível para esse concreto é seu próprio peso, ou seja, a ação da força da gravidade em sua massa.

Pode-se relacionar uma série de vantagens no uso do CAA como (TUTIKIAN, DAL MOLIN, 2008, p. 10):

- b) reduz a mão de obra no canteiro porque elimina a vibração e facilita o espalhamento e o nivelamento do concreto;
- c) melhora o acabamento final da superfície;
- d) pode aumentar a durabilidade por ser mais fácil de adensar e evita, assim, que ocorram falhas de concretagem e grandes vazios resultantes da má vibração;
- e) permite grande liberdade de formas e dimensões; o CAA preenche fôrmas curvas, esbeltas, com altas taxas de armadura e de difícil acesso;
- f) permite concretagens em peças de seções reduzidas;
- g) elimina o barulho de vibração, o que é muito importante em grandes centros urbanos, concretagens noturnas ou obras perto de escolas e hospitais;
- h) torna o local de trabalho mais seguro em função da diminuição do número de trabalhadores;
- i) permite obter ganho ecológico porque utiliza em sua composição altos teores de resíduos industriais como cinza volante, escória alto forno ou cinza de casca de arroz;
- j) pode reduzir o custo final do concreto e/ou da estrutura caso sejam computados economicamente todos os ganhos citados acima.

A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 84), recomenda que o concreto seja dosado em centrais e fornecido para a obra através de caminhões betoneira. Em centrais há um maior grau de controle sobre a qualidade dos agregados, precisão dos volumes e medidas de peso, fatores estes que influenciam na qualidade do concreto final. Além disso, a concreteira garante o desempenho do concreto fornecido.

Os principais fatores que devem ser levados em conta na tomada de decisão do tipo de concreto a ser adotado são (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2010, p. 29):

- a) tipologia da obra;
- b) geometria das peças;
- c) logística;
- d) disponibilidade de insumos;
- e) necessidades do projeto;
- f) condições de lançamento e adensamento.

Também, de acordo com a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), é fundamental que seja realizado um estudo preliminar do ambiente ao qual este concreto estará submetido. Dependendo da agressividade do mesmo, o uso de um ou outro concreto pode se tornar inviável tecnicamente, a fim de garantir uma durabilidade adequada da estrutura.

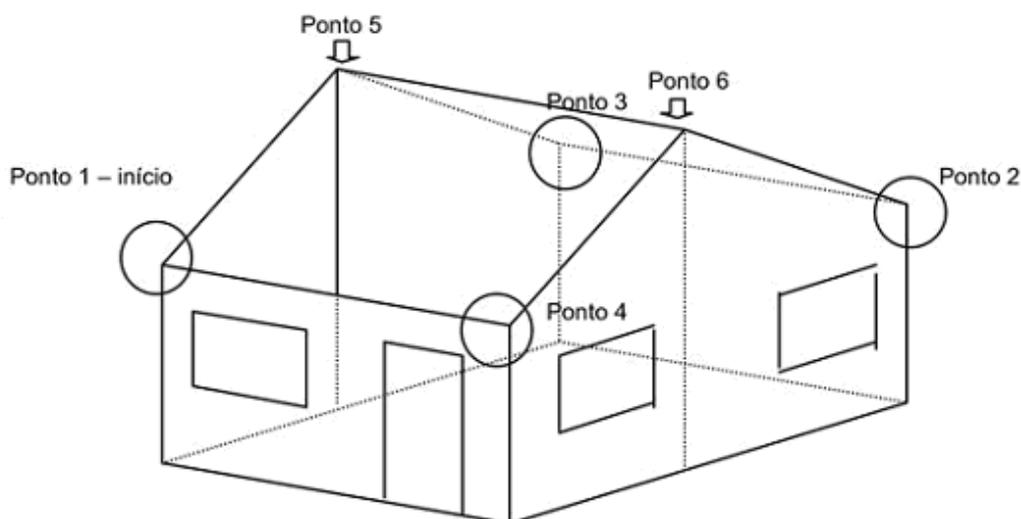
4.4.2 Lançamento do concreto

De acordo com Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 92-93), é recomendável que o lançamento do concreto no sistema de parede de concreto seja feito por bombas de concretagem. Sua utilização diminui o tempo de operação e o consumo de concreto, pois desperdícios do mesmo são minimizados. Ainda, reduz a perda de trabalhabilidade em função da maior velocidade de lançamento proporcionada pelo bombeamento, comparativamente a outros métodos. Assim, facilita o preenchimento de concreto por todos os vazios entre as fôrmas e, conseqüentemente, diminui os problemas causados por falhas nas concretagens.

A mangueira deve ser posicionada o mais próximo possível do local que se deseja concretar, para que assim evite-se, ao máximo, incrustações de argamassa nas paredes das fôrmas e armaduras, o que acabaria por despender, maiores esforços e talvez até danos nas fôrmas quando for executada a sua limpeza. Além disso, a concretagem das peças não deve ser feita de forma aleatória, faz-se necessário a realização de um estudo e a definição de um plano de concretagem, visando garantir a qualidade da peça a ser concretada. Os principais fatores a serem considerados na elaboração do planejamento são “[...] características do concreto que será utilizado, a geometria das fôrmas, o *layout* do canteiro e o plano de ataque do empreendimento.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 86).

A concretagem deve começar por um dos cantos da edificação, troca-se para o oposto assim que boa parcela das paredes próximas ao local de lançamento esteja cheia e repete-se o processo para os outros cantos até que o concreto tenha preenchido homogeneamente todo o espaço entre as fôrmas. Tanto Giammusso (1992, p. 106), quanto a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 88), recomendam a utilização de funis, trombas ou aberturas nas janelas laterais para a concretagem de paredes altas e estreitas com o intuito de se manter a homogeneidade do concreto. A figura 7, complementa a explicação de como se deve proceder no lançamento do concreto.

Figura 7 – Plano de concretagem



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2008, p. 87)

O adensamento do concreto lançado, caso tenha se optado por um concreto que não seja o autoadensável, segundo Petrucci (1983, p. 181-182), “[...] tem por objetivo deslocar, com esforço, os elementos que o compõem, e orientá-los para se obter maior compacidade, obrigando as partículas a ocupar os vazios e desalojar o ar do material.”. O mesmo autor, atenta que não se deve aplicar vibração diretamente sobre a armadura, pois pode provocar problemas de aderência entre concreto e armadura por conta do vazio criado pela mesma.

A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 88) orienta que o adensamento deve ser feito imediatamente após o lançamento, tomando-se o cuidado para que o concreto preencha completamente todos os vazios. Afirma também, que um adensamento mal executado é responsável por grande parte dos problemas de segregação de materiais e falhas de concretagem. Um dos métodos mais comuns adotados para a conferência do adensamento

é a realização de batidas nos painéis das fôrmas com martelo de borracha, se o som ouvido for um som cavo é porque o local ainda não está preenchido completamente.

Ainda, alerta que não devem ocorrer falhas por ar aprisionado e, por isso, devem ser feitos furos com diâmetro de $\frac{3}{4}$ " em baixo de janelas e em outras regiões susceptíveis à formação de vazios. E que, no caso de utilização de vibradores de imersão, a camada a ser adensada deve ser no máximo da altura de $\frac{3}{4}$ do tamanho da agulha.

Para o sistema de parede de concreto, vale ressaltar, que o tipo de concreto mais recomendado é o autoadensável, por agilizar o processo, não necessitar de vibração e minimizar problemas de segregação.

4.4.3 Cura do concreto

A cura do concreto resulta de um conjunto de medidas que possibilitam a hidratação necessária para o cimento, evitando evaporação prematura da água e garantindo uma boa pega e o endurecimento correto do concreto (PETRUCCI, 1983, p. 185-188). Segundo Bardella et al. (2005, p. 2), a cura tem por objetivo manter o concreto saturado de água, até que os produtos da hidratação do cimento consigam preencher os espaços que ficariam vazios com a evaporação da água, fazendo com que o concreto se retraísse e originando as fissuras. Os mesmos autores explicam que, “A cura adequada é fundamental para que o concreto alcance o melhor desempenho, proporcionando uma redução de sua porosidade, contribuindo para aumentar a durabilidade das estruturas.”.

A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 88-89) orienta que a cura deve permanecer por no mínimo sete dias – dependendo do tipo de cimento utilizado – e tem a função de proteger o concreto recém lançado de mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuvas fortes, vento, agentes químicos e choques e vibrações que podem alterar a aderência à armadura ou produzir fissuras. A NBR 12645 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998), recomenda que a cura do concreto deve ser sempre executada e deve continuar mesmo após o término da desforma. Pois assim, menores são as chances de ocorrer fissuras pela secagem prematura do concreto.

Existem vários métodos de cura. A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2009, p. [75]) cita três para o sistema parede de concreto. São eles a “[...] cobertura da área concretada,

aspersão de água de forma contínua sobre a superfície e uso de agentes de cura.”. O ideal é que se mantenha a temperatura do concreto uniforme acima de 10°C para que desenvolva sua resistência adequadamente e não haja surgimento de fissuras por retração.

A cobertura da área concretada pode ser realizada com sacos plásticos ou mantas, que devem ficar sempre úmidas a fim de não remover a água do concreto. Recomenda-se a colocação de contra-peso nos cantos para que não sejam retiradas do lugar pelo vento. A aspersão contínua de água é feita por meio de mangueiras e assim como a cobertura, não se deve deixar que o concreto oscile em ciclos seco/úmido. A umidificação do concreto ocorre por um tempo estabelecido por fatores do próprio concreto e recomenda-se que ocorra por no mínimo três dias, molhando a parede pelo menos cinco vezes ao dia, de acordo com as variações do local. Já a utilização de agentes de cura é feita passando uma fina camada de produto com características impermeabilizantes, bloqueando a perda de água por evaporação e possibilitando o correto processo de hidratação. Deve-se atentar para o fato de que este produto necessita ser retirado, seja por escovação ou outro método, a fim de garantir a aderência do revestimento, posteriormente.

Os autores ainda recomendam que, no controle de temperatura do concreto, deve-se evitar perda de mais de 3°C de temperatura por hora nas primeiras 24 horas. Quando a temperatura da região for muito baixa, materiais isolantes devem ser empregados a fim de se proteger o concreto do congelamento, até que este adquira uma resistência mínima de 3,5 MPa. Para estes casos os agentes de cura devem ser escolhidos em detrimento das mantas e aspersores. Em regiões quentes, o contrário acontece, tornando-se necessário diminuir a temperatura do concreto através de aspersores de água. A cura térmica (emprego de condições específicas de temperatura) não dispensa o emprego dos meios acima citados para evitar a secagem do concreto, mas acelera o processo de endurecimento e deve ser devidamente controlado.

Assim, destaca-se três razões importantes para proceder com a cura do concreto. São elas o ganho de resistência, maior durabilidade e melhores condições para acabamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2009, p. 85).

- a) ganho de resistência – ensaios de laboratório mostram que um concreto exposto a um ambiente seco pode perder até 50% de sua resistência potencial, se comparado com um concreto similar curado em condições adequadas de umidade;
- b) maior durabilidade – o concreto bem curado tem maior dureza superficial e resiste melhor ao desgaste e a abrasão. A superfície do concreto torna-se menos

permeável à umidade e a substâncias dissolvidas na água, aumentando sua vida útil;

- c) melhores condições de serviços e de aparência – um concreto que tenha secado demasiadamente rápido tem sua superfície fragilizada, sujeita a rupturas nos cantos, descamação e formação de pó.

4.5 INSTALAÇÕES

Como já foi mencionado, uma peculiaridade importante do sistema parede de concreto é o fato de permitir que, após a desforma, elementos como caixilhos e instalações elétricas e hidráulicas já estejam embutidos na parede, conforme o projeto. Sendo assim, seguem abaixo características próprias de cada componente das instalações.

4.5.1 Instalações hidráulicas

A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 192) recomenda, para os casos em que se tenha optado pela incorporação das instalações hidráulicas nas paredes, que “Os pontos de conexões da rede hidráulica devem ser marcados nos painéis de fôrmas de paredes já na primeira montagem [...]”. Isso garante que se tenham as mesmas posições em utilizações futuras. Quando a fôrma usada é feita com chapas de madeira compensada ou material sintético, usa-se serra copo para fazer os furos para a fixação das conexões, a fim de não prejudicar o acabamento da peça concretada. Já se as fôrmas utilizam chapas metálicas, não se deve fazer perfurações para a fixação. É possível também o uso de *kits* hidráulicos que agilizam o processo, pois a montagem dos tubos e conexões é feita previamente. Porém, os *kits* devem passar por testes de vazamento previamente à instalação.

4.5.2 Instalações elétricas

Os procedimentos da instalação da rede elétrica são semelhantes ao da rede hidráulica. Assim como os tubos hidráulicos, os elétricos devem ser fixados nos painéis das fôrmas de acordo com o projeto, bem como as caixas de interruptores e tomadas. Conforme a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 93), “Em caixas que apresentem orifícios por onde possa entrar o concreto ou vazar, devem ser feitos preenchimentos com papel ou pó de serra, impedindo assim que o concreto obstrua os orifícios dos ductos elétricos.”.

Este preenchimento pode ser feito – e é recomendado que se faça – com tampas reaproveitáveis que, após a desforma podem ser removidas e utilizadas em outra caixa de mesmo padrão. Ainda, também como nas tubulações hidráulicas, os eletrodutos necessitam de fixação às armaduras para que não sejam deslocados quando ocorrer a concretagem. Também, devem-se usar espaçadores – os recomendados são os de plástico – para garantir a posição das peças no centro da parede e o correto cobrimento das mesmas pelo concreto, como mostra a figura 8. De igual importância é a verificação do correto posicionamento de tomadas que sejam opostas na parede, atentando para o preenchimento do espaço em torno delas, a fim de garantir o máximo isolamento acústico possível.

Segundo Faria (2008), para aumentar a competitividade das construtoras em obras de baixo padrão, é possível industrializar instalações elétricas e hidráulicas, através de *kits* como foi mencionado anteriormente. Afirma que, é possível reduzir até 15% da mão de obra utilizada para instalações elétricas e hidráulicas de um apartamento se a construtora investir na industrialização destes produtos.

Figura 8 – Espaçadores plásticos para tubulações



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND et al., 2010, p. 60)

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2009, p. 43), as tubulações horizontais não são utilizadas e, pode-se embutir as tubulações verticais nas parede de concreto se os item seguintes forem atendidos:

- a) quando a diferença de temperatura no contato entre as tubulações e o concreto não ultrapassar 15°C;
- b) quando a pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa;
- c) quando o diâmetro máximo for de 50mm;

- d) quando o diâmetro da tubulação não ultrapassar 50% da largura da parede, restando espaço suficiente para, no mínimo, o cobrimento adotado e a armadura de reforço. Admite-se tubulação com diâmetro até 66% da largura da parede e com cobrimentos mínimos desde que existam telas nos dois lados da tubulação com comprimento mínimo de 50 cm para cada lado.

4.6 ESQUADRIAS

A Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 91) recomenda que as esquadrias devem ser embutidas nos painéis de fôrmas, a fim de utilizar menos mão de obra. No caso de a largura da esquadria ser inferior à largura da parede, necessita-se o uso de marcos (ou negativos), o qual garante o posicionamento de acordo com a determinação do projeto. Como o sistema é repetitivo, é uma boa prática “[...] numerar os painéis e marcar o posicionamento dos caixilhos para facilitar a montagem, aumentar produtividade e garantir a qualidade na execução.”.

Recomendam, ainda, que o vão modular das esquadrias seja múltiplo de 10 cm, considerando a medida nominal mais a folga deixada para acomodação da mesma. Isso facilita a instalação e permite o uso de painéis de fôrmas em vários projetos, diminuindo o custo do sistema e industrializando esta etapa da execução.

5 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO ESTUDADO

Com o intuito de complementar as informações sobre o sistema, buscou-se também informações de campo em uma obra localizada na cidade de São Leopoldo, estado do Rio Grande do Sul. O empreendimento está inserido em um terreno de 29.000 m² e contém 27 torres com 5 pavimentos cada, sendo que os dois últimos constituem dúplex. Sua área comum possui estacionamento, salão de festas, playground, piscina, quadra recreativa, churrasqueira e praça.

A seguir, serão abordadas informações sobre o ciclo de produção da obra estudada, característica das fundações, concreto, instalações hidráulicas, fôrmas, sequência de execução, mão de obra e alguns problemas observados no empreendimento.

5.1 CICLO DE PRODUÇÃO

A obra possuía três jogos de fôrmas, um para o primeiro pavimento, um para o pavimento tipo e um para o pavimento da cobertura. O jogo de fôrmas do primeiro pavimento foi empregado na obra executando os térreos, enquanto um jogo de fôrmas do pavimento tipo ficava concentrado em um bloco para a produção do mesmo. Com o término de todos os pavimentos térreos, foram feitas algumas pequenas adaptações no seu jogo de fôrmas para que pudesse ser usado como um jogo de pavimento tipo também. Então, com dois jogos de fôrmas de pavimento tipo, passou-se a atacar em duas frentes ao mesmo tempo. Acabados os três pavimentos tipo que constituem cada um dos blocos, essas fôrmas então eram redirecionadas para os próximos blocos da sequência do cronograma de execução, que já havia sido previamente planejado. Para realização do quinto e último pavimento, fez-se uso do jogo de fôrmas da cobertura.

No início o ciclo de produção de um pavimento chegou a ser de 22 dias, devido principalmente a pouca aptidão inicial da mão de obra local com esse sistema, o baixo número de trabalhadores disponíveis até então e, ainda, a necessidade de se separar e identificar as peças. A empresa trouxe, então, alguns de seus profissionais de outros estados, que já

possuíam experiência no sistema de parede de concreto moldadas *in loco*, no intuito de mesclá-los com a mão de obra local para acelerar o aprendizado, otimizando a produção.

A execução de cada pavimento era dividida em duas concretagens (lado A e lado B). O ciclo ótimo de produção, estabelecido no planejamento, foi estimado em um dia para cada uma das duas partes, sendo que cada uma das partes correspondia praticamente à metade do pavimento. Os 22 dias para o primeiro pavimento executado na obra, 15 dias para concretagem do lado A e 7 dias para o lado B, foram se reduzindo, respectivamente, para 7 e 4, oscilaram entre 3 e 2, até que se conseguiu estabilizar no ciclo esperado de um dia para cada lado, sendo de dois dias para cada um dos tipos de pavimento, englobando a montagem das fôrmas, as instalações e a concretagem dos mesmos. Era gasto um dia para realizar o transporte das fôrmas do bloco concretado para o próximo a ser executado.

5.2 FUNDAÇÕES

As fundações realizadas no empreendimento são do tipo *radier*. As esperas elétricas e hidráulicas foram posicionadas antes que ocorresse a concretagem. Também foram deixadas armaduras de espera a fim de possibilitar o trespasse das telas soldadas, que ocorre posteriormente, na etapa de armação das paredes.

A execução do primeiro pavimento térreo teve início após 13 fundações estarem totalmente prontas e outras 5 em andamento. As outras 9 fundações foram realizadas ao mesmo tempo em que a execução dos pavimentos progredia.

5.3 CONCRETO

Apesar de o concreto autoadensável ser o mais indicado para essa tipologia de construção, optou-se pela utilização do concreto convencional. Essa escolha foi tomada principalmente por questões de custo. O concreto para os pavimentos apresentava resistência à compressão de projeto de 25 MPa e continha em sua composição fibras de polipropileno, a fim de minimizar os problemas de fissuração do concreto.

O concreto recebido em obra apresentava *slump* entre 8 cm e 12 cm. Verificado o *slump*, passava-se para a dosagem do aditivo superplastificantes, realizada pela concreteira. Era feita,

então, a conferência do *slump flow* e o resultado esperado era de 22 mais ou menos 3. Aprovado o *slump flow*, finalmente o concreto era liberado para a concretagem.

Foi feito um estudo, e por questões de custo, instalou-se um laboratório de controle tecnológico de concreto dentro do próprio empreendimento em função do volume de concreto a ser ensaiado na obra, cerca de 13.000 m³. O controle do concreto para os pavimentos era feito por amostragem total, eram retirados dois corpos de prova para 14 horas, dois para 7 dias e dois para 28 dias. Para liberar a desforma é exigido que a resistência a compressão mínima de 3 MPa para as 14 horas. A liberação para desforma é de extrema importância, tanto por questões de segurança, quanto por questões de cumprimento do cronograma estabelecido, visto que um resultado negativo atrasava a próxima montagem. Pela alta necessidade do concreto adquirir a resistência de 3 MPa em 14 horas, o concreto utilizado no empreendimento é produzido com cimento CP V - ARI RS. Ao contrário do recomendado, após a desforma das paredes e laje não era realizada a cura do concreto.

O volume de concreto necessário para o preenchimento das fôrmas das paredes e da laje era diferente em cada um dos lados. Para a concretagem do lado A, eram necessários aproximadamente 31,5 m³, já para o lado B, necessitava-se de 30 m³ de concreto. Essa diferença ocorre basicamente pelo fato da maior parte da área comum do pavimento ser concretada junto à concretagem do lado A.

O concreto chegava ao canteiro de obra através de 4 caminhões-betoneira para o lado A, sendo que 2 dos caminhões continham 10 m³, 1 continha 6 m³ e o último vinha carregado com 5,5 m³. Já para o lado B, eram necessários 3 caminhões-betoneira carregados com 10 m³ de concreto.

5.4 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

No empreendimento observado, as instalações hidráulicas não são embutidas nas paredes de concreto, somente é feito o posicionamento de suas esperas, tanto na parte superior das paredes quanto na laje, resultando em tubulações aparentes. Essa escolha se deu, principalmente, pela grande dificuldade de realizar reparos nas tubulações, caso as mesmas estivessem embutidas, pois a quebra do concreto seria necessária.

Em peças com tubulações no teto, caso da cozinha e do banheiro, as mesmas são encobertas por um forro de gesso rebaixado, a fim de proporcionar acabamento estético adequado. Para as tubulações das pias e tanques, o acabamento utilizado é o fornecido na compra dos mesmos.

Pelo fato das tubulações não serem incorporadas às paredes, as instalações hidráulicas não serão contempladas nas listas de verificação, elaboradas pelo trabalho. Somente a conferência das esperas das tubulações será abordada nas listas.

5.5 FÔRMAS

As fôrmas escolhidas para utilização no empreendimento foram as de alumínio por apresentarem, entre outras características, durabilidade elevada e facilidade de montagem. Além das fôrmas, existem peças auxiliares que servem para o fechamento, travamento e espaçamento correto das mesmas, bem como para realizar a proteção de periferia, são elas:

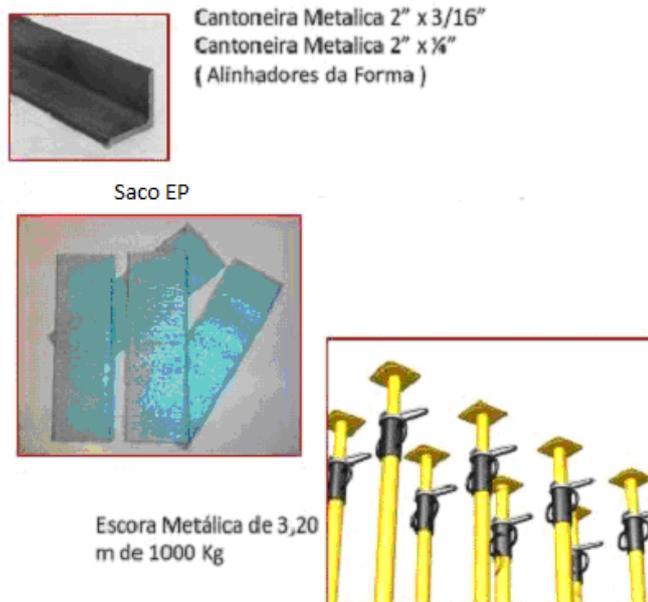
- a) pinos (figura 9) – garantem o travamento dos painéis das formas e gravatas;
- b) cunhas (figura 9) – também garantem o travamento dos painéis juntamente com os pinos;
- c) gravatas (figura 9) – utilizadas para travar os painéis internos e externos, garantindo a espessura das paredes;
- d) grapas (figura 9) – servem para fixar os painéis onde não é possível usar os pinos, como na junção de paredes e lajes;
- e) sacos EP (figura 10) – serve para separar o concreto da gravata, ficando preso dentro do concreto;
- f) escoras (figura 10)– utilizada para escorar os painéis das lajes;
- g) cantoneiras (figura 10) – servem para alinharem as paredes, juntamente com os alinhadores;
- h) alinhadores (figura 11) – servem para alinhar as fôrmas e também para receberem os painéis da proteção de periferia;
- i) tensores (figura 11) – servem para garantir as medidas dos vãos de portas e janelas.

Figura 9 – Gravata, grapa, cunha e pinos



(fonte: empresa estudada)

Figura 10 – Cantoneira, saco EP e escora



(fonte: empresa estudada)

Figura 11 – Alinhadores e tensor



(fonte: empresa estudada)

5.6 SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

Para melhor entendimento, a sequência de execução, observada no empreendimento estudado, foi dividida em nove etapas. São elas:

- a) marcação das paredes;
- b) armação das paredes;
- c) instalações elétricas das paredes;
- d) montagem das fôrmas das paredes;
- e) montagem das fôrmas da laje;
- f) armação da laje;
- g) instalações na laje;
- h) serviços pré-concretagem;
- i) concretagem.

5.6.1 Marcação das paredes

A primeira marcação do posicionamento das paredes na laje foi realizada com o auxílio de uma equipe de topografia. No caso da obra estudada, procedeu-se com a marcação de três pontos na fundação *radier* de cada um dos 27 blocos, que possibilitavam o traçado da linha de uma parede externa do bloco e também a linha da parede perpendicular a mesma. Assim, o

posicionamento dessas duas paredes perpendiculares serviram como referência para a marcação das outras. Para a marcação das paredes nos próximos andares, caso dos pavimentos tipo e da cobertura, realizava-se a transferência do posicionamento das paredes inferiores.

Os passos para a marcação das paredes na laje são os seguintes:

- a) verificação do nivelamento e regularização, caso necessário, da laje onde serão montadas as fôrmas;
- b) com a utilização de um barbante untado com pó xadrez marca-se na laje a posição da fôrma interna e da fôrma externa (figura 12), que dará o eixo da parede, conforme sua planta baixa correspondente;
- c) entre as linhas marcadas são colocadas galgas plásticas com 10 cm de espessura (figura 12).

Figura 12 – Marcação da posição dos painéis e galga



(fonte: foto do autor)

5.6.2 Armação das paredes

Após a marcação das paredes, inicia-se a armação das mesmas, conforme seu projeto estrutural, que deve ser feita da seguinte forma:

- a) com o uso de telas soldadas começa-se a armação das paredes, trespassando as mesmas nas esperas deixadas na concretagem da laje anterior (figura 13);
- b) recortam-se, nas telas soldadas, os vãos de portas, janelas e ar condicionado;

- c) realiza-se o reforço necessário nas áreas recortadas e também nas intersecções de paredes utilizando-se barras de aço de bitola 8 mm e 10 mm;
- d) colocam-se espaçadores plásticos, também com espessura de 10 cm, nas telas soldadas para manutenção da sua posição entre os painéis durante o lançamento do concreto.

Figura 13 – Armação das paredes



(fonte: foto cedida por Adriana Maria Vieira)

5.6.3 Instalações elétricas das paredes

Passa-se, então, para a realização das instalações elétricas, de acordo com o respectivo projeto elétrico, e nesta etapa procede-se do seguinte modo:

- a) amarram-se as caixas elétricas nas telas com abraçadeiras de *nylon* (figura 14);
- b) passam-se os eletrodutos, que também devem ser amarrados nas telas com abraçadeiras de *nylon* (figura 14).

Figura 14 – Instalações elétricas nas paredes



(fonte: foto cedida por Adriana Maria Vieira)

5.6.4 Montagem das fôrmas das paredes

Para a montagem das fôrmas, algumas etapas devem ser seguidas, conforme seu projeto de fôrmas. São elas:

- a) aplicação de desmoldante nos painéis retirados da concretagem do dia anterior (figura 15), porém é necessário que previamente se realize o rompimento de corpos de prova do concreto após pelo menos 14 horas da concretagem, a fim de se verificar a resistência mínima à compressão de 3 MPa, requisito para a liberação da desforma;
- b) posicionamento dos painéis junto às galgas em um dos lados (figura 15);
- c) colocação das gravatas entre painéis consecutivos e travamento dos mesmos com a utilização dos pinos (figura 16 e 17);
- d) travamento dos pinos com a utilização das cunhas (figura 16);
- e) colocação dos sacos EP nas gravatas, que ficarão no concreto e permitirão futura remoção na fase da desforma (figura 18);
- f) colocação das chapas de aço que delimitarão o espaço destinado ao ar condicionado, desta forma impedindo a entrada do concreto durante o lançamento;
- g) posicionamento dos painéis do lado oposto ao já montado junto às galgas, e, ao mesmo tempo em que vão se posicionando os painéis deve-se também

posicionar a gravata anteriormente colocada no local destinado a passagem do pino e então atravessar a pino (figura 18);

- h) travamento dos pinos do outro lado com a utilização das cunhas;
- i) montagem dos alinhadores conforme o projeto de montagem de fôrmas (figura 19);
- j) colocação das cantoneiras nos alinhadores (figura 19), juntamente com os suportes para a instalação da proteção de periferia.

Figura 15 – Aplicação de desmoldante para posicionamento dos painéis



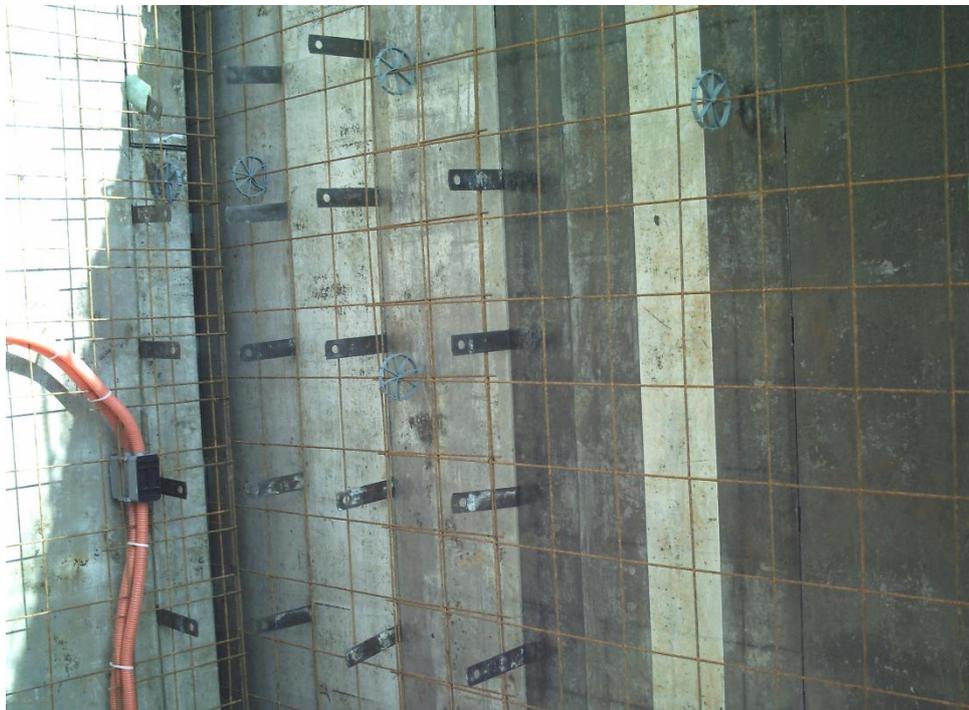
(fonte: foto cedida por Adriana Maria Vieira)

Figura 16 – Travamento entre painéis com inserção da gravata



(fonte: foto cedida por Adriana Maria Vieira)

Figura 17 – Fôrmas com gravatas



(fonte: foto cedida por Adriana Maria Vieira)

Figura 18 – Gravata entre painéis de lados opostos



(fonte: foto cedida por Adriana Maria Vieira)

Figura 19 – Alinhadores e cantoneiras nos painéis



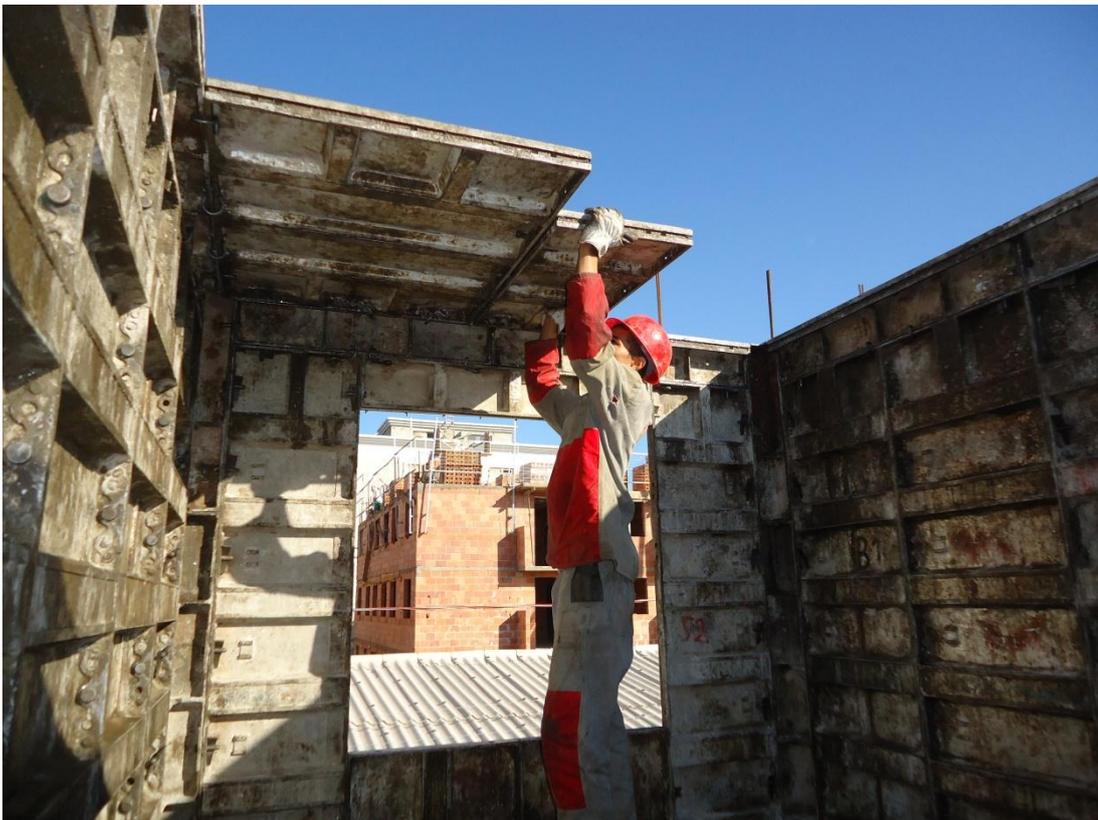
(fonte: foto do autor)

5.6.5 Montagem das fôrmas da laje

A montagem das fôrmas da laje é feita de acordo com seguintes passos:

- a) começa-se o posicionamento dos painéis da laje (figura 20) e, simultaneamente, deve-se realizar o seu travamento com a utilização de pinos ou grapas. No caso dos pinos é necessário também atravessá-los com as cunhas, conforme seu projeto de fôrmas;
- b) a partir da montagem de alguns painéis, dá-se início também ao posicionamento das escoras, conforme o projeto de escoramento;
- c) devidamente travada a laje, se procede com a montagem da proteção de periferia nos seus suportes, que foram instalados previamente (figura 21);
- d) aplicação de desmoldante nos painéis da laje.

Figura 20 – Montagem das fôrmas da laje



(fonte: foto cedida por Adriana Maria Vieira)

Figura 21 – Proteções de periferia



(fonte: foto cedida por Adriana Maria Vieira)

5.6.6 Armação da laje

Para a armação da laje, realizam-se as seguintes etapas, segundo seu projeto estrutural:

- a) posicionamento das telas soldadas e das barras de aço sobre a laje (figura 22);
- b) colocação de espaçadores de plástico na laje.

Figura 22 – Laje armada com telas soldadas



(fonte: foto cedida por Adriana Maria Vieira)

5.6.7 Instalações na laje

As instalações elétricas, hidráulicas e tubulações de gás são feitas de acordo com os seguintes itens:

- a) posicionamento das caixas elétricas (figura 23) e das esperas de gás, esgoto e água (figura 24), que se localizam na parte superior das paredes e nas lajes, de acordo com os projetos de instalações elétricas, de gás e hidráulicas;
- b) passam-se os eletrodutos nos locais indicados pelo projeto de instalações elétricas (figura 23).

Figura 23 – Instalações elétricas na laje



(fonte: foto cedida por Adriana Maria Vieira)

Figura 24 – Esperas de gás, esgoto, água e *shaft*



(fonte: foto do autor)

5.6.8 Serviços pré-concretagem

Alguns itens devem ser considerados antes de começar a concretagem. São eles:

- a) colocação dos tensores nos vãos de portas e janelas (figura 25), conforme projeto de fôrmas;
- b) conferência do nivelamento da laje, segundo projeto de fôrmas, com a utilização de nível laser.

Figura 25 – Tensor



(fonte: foto do autor)

5.6.9 Concretagem

Por fim, realiza-se a concretagem da seguinte forma:

- a) começa-se a concretagem, priorizando primeiramente o lançamento do concreto sobre as paredes e então sobre a laje, sempre tendo o cuidado de evitar juntas de concretagem (figura 26);
- b) adensamento do concreto;
- c) aplicação de desempenadeira motorizada do tipo helicóptero para proporcionar acabamento adequado à superfície da laje.

Figura 26 – Concretagem



(fonte: foto do autor)

5.7 MÃO DE OBRA

O empreendimento possuía, em média, cerca de 35 funcionários para a realização das nove etapas principais da sequência de execução, anteriormente abordadas. Estes 35 funcionários foram divididos em 4 equipes, 6 eram responsáveis pela armação das paredes e da laje, outros 6 eram responsáveis pela realização das proteções periféricas, 18 eram responsáveis pela montagem das fôrmas das paredes e da laje e 4 eram responsáveis pela realização das instalações elétricas e posicionamento das esperas hidráulicas. Ainda, havia uma pessoa encarregada de liderar estas equipes.

5.8 PROBLEMAS OBSERVADOS NO EMPREENDIMENTO

Com base em observação de campo, na obra já referida anteriormente, serão abordados a seguir alguns problemas ocasionados principalmente por má execução. É com o surgimento desses problemas que se pode evidenciar a importância de uma boa conferência das etapas executivas, buscando minimizar os problemas causados e a necessidade de intervir para a correção dos mesmos. Quando o problema é constatado, faz-se necessário que se desloque mão de obra para sua correção, gerando-se um retrabalho, ou seja, a necessidade de correção de uma falha executiva que deveria ser evitada pelo controle de qualidade durante a execução.

Fato que pode resultar em atrasos na entrega do empreendimento e possivelmente um maior custo final do mesmo, fazendo com que a empresa perca competitividade no mercado com gastos desnecessários. Surge assim, uma nova etapa que não estava prevista no projeto e que deveria ter sido evitada.

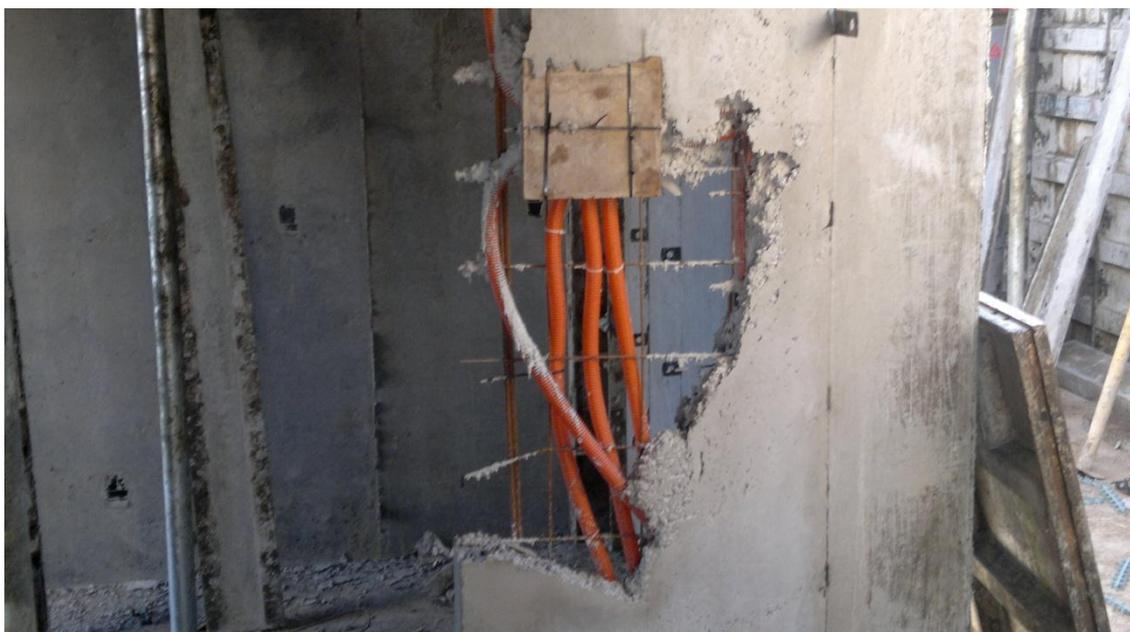
Porém, deve-se ressaltar que os problemas expostos a seguir são frutos de observação de um único empreendimento. Não se realizou um levantamento quantitativo da ocorrência dos mesmos, tampouco foram abordados todos os problemas presentes no empreendimento, não tendo, portanto, valor estatístico para caracterizar a ocorrência dessas falhas na execução do sistema parede de concreto como um todo.

5.8.1 Falhas de concretagem

Um dos problemas encontrados na execução das parede de concreto foi a presença, após a desforma, de ninhos de concretagem (figura 27), principalmente em locais com grande presença de armaduras, eletrodutos, caixas ou no espaço entre o peitoril da janela e a espera para o ar condicionado. A adoção do concreto autoadensável, nestes casos, teria vantagem sobre o uso do concreto convencional por aquele, como já visto anteriormente, segundo Tutikian e Dal Molin (2008, p. 11), possuir elevada fluidez e alta resistência a segregação, que permitem um preenchimento mais adequado dos espaços entre as fôrmas. Entretanto, ainda pode-se controlar mais efetivamente a vibração do concreto convencional, tendo maior cuidado em regiões que sabidamente possuem maiores concentrações de materiais que podem dificultar a passagem do concreto, garantindo o seu correto adensamento, a fim de se evitar os ninhos de concretagem.

A NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012, p. 33) e a Associação Brasileira de Cimento Portland et al. (2008, p. 88), como visto anteriormente, recomendam a realização de leves batidas com martelo de borracha como forma de verificação do preenchimento das fôrmas. Também recomendam, que sejam previstos dispositivos nas fôrmas, em regiões propícias à formação de vazios, como em baixo de janelas, que permitam a fuga do ar, impedindo que o mesmo fique aprisionado.

Figura 27 – Ninho de concretagem



(fonte: foto do autor)

5.8.2 Irregularidades nas paredes e tetos

Em virtude das fôrmas às vezes não estarem com o travamento e/ou alinhamento entre os painéis adequados faz-se necessário que, após a desforma, seja realizado um processo denominado, no empreendimento estudado, de **estuque**, que tem como uma de suas funções a regularização dos desníveis existentes na superfície da parede de concreto (figura 28). Outra função do **estuque** é a remoção das rebarbas de concreto que vazam por entre os painéis durante as concretagens (figura 29) e também o preenchimento superficial dos vazios deixados pela remoção das gravatas durante a desforma. Este procedimento também é responsável por dar o acabamento adequado às paredes e lajes, preenchendo pequenos ninhos de concretagem, ocasionados pela presença de materiais indevidos sob as fôrmas, e bolhas na superfície das paredes.

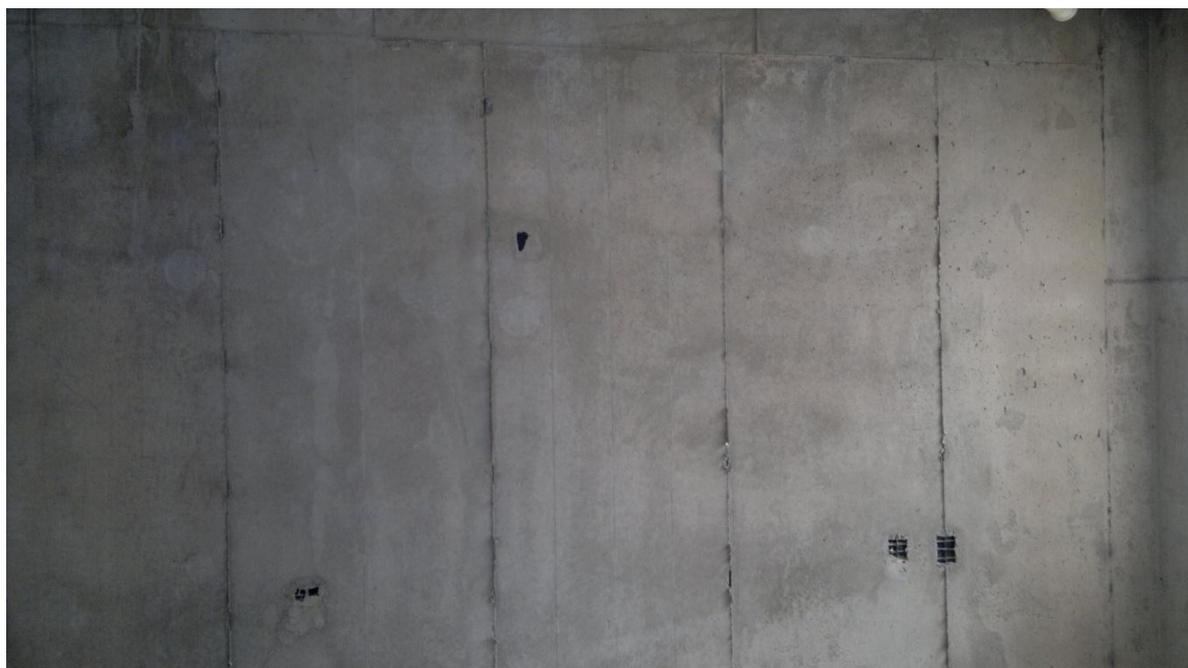
Para a realização do **estuque** (figura 30) é aplicado uma demão de cimento cola como forma de melhorar a aderência entre a parede de concreto e a argamassa de cimento e areia, com a qual será feita a regularização das imperfeições encontradas nas paredes. É necessário que o mesmo seja desempenado e posteriormente feltrado.

Figura 28 – Desníveis no teto



(fonte: foto do autor)

Figura 29 – Rebarba do concreto após a desforma



(fonte: foto do autor)

Figura 30 – Regularização das paredes e do teto



(fonte: foto do autor)

5.8.3 Alinhamento da espera do ar condicionado

Algumas esperas de ar condicionado apresentaram problemas no alinhamento das faces horizontais e verticais (figura 31). Estes problemas foram ocasionados por uma fixação insuficiente das chapas de aço nos painéis das fôrmas. As chapas de aço limitam o espaço destinado para o ar condicionado, impedindo que o concreto lançado durante a concretagem preencha-o, porém, a fixação dessas chapas não suportou o peso do concreto que foi lançado, permitindo que as mesmas sofressem pequenas mudanças em suas posições originais. Faz-se então necessário que regularizações sejam feitas, a fim de alinhar a espera do ar condicionado, deixando-a com o formato adequado.

Também, observaram-se casos em que foram esquecidos o posicionamento das chapas de aço que formam o vão do ar condicionado, e este era completamente concretado. Este fato exigiu que, após a desforma, fosse realizada a quebra do concreto com a utilização de britadeiras para que uma espera fosse criada, tarefa um tanto quanto trabalhosa e desnecessária se anteriormente tivesse sido realizada uma conferência desses vãos.

Figura 31 – Vão do ar condicionado desalinhado



(fonte: foto do autor)

5.8.4 Eletroduto aparente

Outro problema observado foi a presença de eletrodutos aparentes na superfície das paredes (figura 32). Isso se deve, principalmente, a uma baixa taxa de espaçadores colocados nas telas, que não garantiram o correto posicionamento da tela e, conseqüentemente, dos eletrodutos que a elas estão amarrados durante a concretagem.

Figura 32 – Eletroduto aparente



(fonte: foto do autor)

6 LISTAS DE VERIFICAÇÃO

De acordo com o que foi exposto anteriormente, evidencia-se a necessidade da elaboração de listas de verificação, a fim de agregar qualidade à execução do sistema parede de concreto. Essas listas tem por principal objetivo evitar retrabalhos que possam surgir na execução, aumentando a produtividade.

Assim, foram elaboradas dez listas a fim de distribuir a conferência de modo a facilitar a avaliação das etapas pelo responsável. Nelas, é especificado os materiais e projetos que devem ser utilizados e os itens a se conferir, com uma descrição dos mesmos, bem como, se os mesmo estão conforme (C) ou não conforme (NC) o método correto de execução. Há ainda um espaço para observações, onde o responsável deve referir por que motivo o item está não conforme e como deve ser tratado, se for o caso. Um item é considerado não conforme quando pelo menos uma das verificações contidas em sua descrição se encontrar executada de forma inadequada. As listas seguem uma ordem em que uma deve estar toda conforme para que se possa abordar a próxima lista, sendo que a última lista refere-se à aceitação do produto final – paredes e laje concretadas. As listas de verificação são:

- a) marcação das paredes (quadro 2);
- b) armação das paredes (quadro 3);
- c) instalações elétricas das paredes (quadro 4);
- d) montagem das fôrmas das paredes (quadro 5);
- e) montagem das fôrmas da laje (quadro 6);
- f) armações da laje (quadro 7);
- g) instalações da laje (quadro 8);
- h) serviços pré-concretagem (quadro 9);
- i) concretagem (quadro 10);
- j) aceitação das paredes e da laje de concreto (quadro 11).

Quadro 2 – Lista de verificação da marcação das paredes

Pavimento: _____
 Bloco: _____

MARCAÇÃO DAS PAREDES

ITENS A VERIFICAR	DESCRIÇÃO	TOLERÂNCIA	MEIO DE VERIFICAÇÃO	OBSERVAÇÕES E AÇÕES	C
Nivelamento do piso	Verificar a necessidade de regularização de pequenos desníveis no piso	± 5 mm*	Nível laser e trena		
Marcação da posição das paredes	Conferência do comprimento das marcações das paredes e esquadro, conforme projeto da planta baixa	comprimento por trecho ou total com desvio máximo de 10 mm*	Trena		
Galgas	Conferência da quantidade e do posicionamento das galgas	-	Visual		

* tolerância retirada da NBR 16055:2012

Assinatura responsáveis: _____ Data: _____

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 3 – Lista de verificação da armação das paredes

Pavimento: _____
 Bloco: _____

ARMAÇÃO DAS PAREDES
 NECESSÁRIO A LISTA DE MARCAÇÃO DAS PAREDES
 ESTAR APROVADA PARA SE DAR INÍCIO A ESSA ETAPA

ITENS A VERIFICAR	DESCRIÇÃO	MEIO DE VERIFICAÇÃO		OBSERVAÇÕES	
		TOLERÂNCIA	VERIFICAÇÃO		NC
Armação das paredes	Conferência do tipo de armadura, posicionamento e de sua quantidade, conforme projeto estrutural	-	Visual		
Recortes	Conferência da realização dos recorte dos vãos das janelas, portas e ar condicionado, conforme projeto estrutural	-	Visual		
Reforços dos vãos e interseções entre paredes	Conferência da realização de reforços nos vãos de janelas, portas, ar condicionado e interseções entre paredes, conforme projeto estrutural	-	Visual		
Espaçadores nas telas	Conferência da quantidade e posicionamento	Mínimo de 5 espaçadores por m ² *	Visual		

* tolerância retirada de Roberto de Souza e Geraldo Mekbekian (1996)

Assinatura responsáveis: _____ Data: _____

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 4 – Lista de verificação das instalações elétricas das paredes

Pavimento: _____
 Bloco: _____

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DAS PAREDES
 NECESSÁRIO A LISTA DE ARMAÇÃO DAS PAREDES
 ESTAR APROVADA PARA SE DAR INÍCIO A ESSA ETAPA

ITENS A VERIFICAR	DESCRIÇÃO	MEIO DE OBSERVAÇÕES		
		TOLERÂNCIA	VERIFICAÇÃO	NC E AÇÕES
Caixas elétricas	Conferência do posicionamento, quantidade e fixação, conforme projeto de instalações elétricas	-	Visual	
Eletrodutos	Conferência do posicionamento, quantidade e fixação, conforme projeto de instalações elétricas	-	Visual	

Assinatura responsáveis: _____ Data: _____

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 5 – Lista de verificação da montagem das fôrmas das paredes

Pavimento: _____
 Bloco: _____

MONTAGEM DAS FÔRMAS DAS PAREDES
 NECESSÁRIO A LISTA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DAS
 PAREDES ESTAR APROVADA PARA SE DAR INÍCIO A ESSA ETAPA

ITENS A VERIFICAR	DESCRIÇÃO	TOLERÂNCIA	MIO DE OBSERVAÇÕES	
			VERIFICAÇÃO	NC E AÇÕES
Limpeza dos painéis	Verificar se os painéis estão limpos e sem materiais impregnados	-	Visual	
Desmoldante nos painéis	Verificar a aplicação de desmoldante nos painéis das fôrmas	-	Visual	
Montagem das fôrmas das paredes	Conferência do posicionamento, garantindo que a sequência numerada nos painéis esteja de acordo com a do projeto de fôrmas	-	Visual	
Prumo dos painéis	Conferência do prumo dos painéis das fôrmas	± 5 mm*	Prumo e trena	
Ar condicionado	Verificação das chapas de aço que garantem o vão do ar condicionado, conforme projeto de fôrmas	-	Visual	
Gravatas	Conferência do seu posicionamento, quantidade e a presença do saco EP, conforme projeto de fôrmas	-	Visual	
Alinhamento horizontal dos painéis	Conferência do alinhamento horizontal dos painéis	± 5 mm*	Nível de alumínio e trena	
Pinos e cunhas	Conferência do travamento de todas as interfaces dos painéis com o uso de pinos ou grapas e conferência do travamento de todos os pinos com cunhas, conforme projeto de fôrmas	-	Visual	
Alinhadores e cantoneiras	Conferência da colocação dos alinhadores e cantoneiras, conforme projeto de fôrmas	-	Visual	
Suporte dos guarda-corpos	Conferência do seu posicionamento e de sua quantidade, conforme projeto de fôrmas	-	Visual	

* tolerância retirada da NBR 16055:2012

Assinatura responsáveis: _____

Data: _____

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 6 – Lista de verificação da montagem das fôrmas da laje

Pavimento: _____
 Bloco: _____

MONTAGEM DAS FÔRMAS DA LAJE
 NECESSÁRIO A LISTA DE MONTAGEM DAS FÔRMAS DAS
 PAREDES ESTAR APROVADA PARA SE DAR INÍCIO A ESSA ETAPA

ITENS A VERIFICAR	DESCRIÇÃO	MEIO DE OBSERVAÇÕES		
		TOLERÂNCIA	VERIFICAÇÃO	NC E AÇÕES
Limpeza dos painéis	Verificar se os painéis estão limpos e sem materiais impregnados	-	Visual	
Montagem das fôrmas da laje	Conferência do posicionamento, garantindo que a sequência numerada nos painéis esteja de acordo com a numerada no projeto de fôrmas	-	Visual	
Pinos e cunhas	Conferência do travamento de todas as interfaces dos painéis com o uso de pinos ou grapas e conferência do travamento de todos os pinos com cunhas, conforme projeto de fôrmas	-	Visual	
Escoramento	Conferência do tipo, posicionamento e quantidade conforme projeto de escoramento	-	Visual	
Desmoldante nos painéis	Verificar a aplicação de desmoldante nos painéis das fôrmas	-	Visual	

Assinatura responsáveis: _____

Data: _____

Quadro 7 – Lista de verificação da armação da laje

Pavimento: _____
 Bloco: _____

ARMAÇÃO DA LAJE
 NECESSÁRIO A LISTA DE MONTAGEM DAS FÓRMAS DA
 LAJE ESTAR APROVADA PARA SE DAR INÍCIO A ESSA ETAPA

ITENS A VERIFICAR	DESCRIÇÃO	MEIO DE VERIFICAÇÃO		OBSERVAÇÕES E AÇÕES
		TOLERÂNCIA	NC	
Armação das laje	Conferência do tipo de armadura, posicionamento e de sua quantidade, conforme projeto estrutural	-		Visual
Shaft's	Conferência da não armação do espaço destinado para o shaft, conforme projeto de instalações hidráulicas	-		Visual
Reforços	Conferência da realização dos reforços necessários, conforme projeto estrutural	-		Visual
Espaçadores de laje	Conferência do posicionamento e quantidade	Mínimo de 5 espaçadores por m ² *		Visual

* tolerância retirada de Roberto de Souza e Geraldo Mekbeikian (1996)

Assinatura responsáveis: _____ Data: _____

Quadro 8 – Lista de verificação das instalações da laje

Pavimento: _____
 Bloco: _____

INSTALAÇÕES DA LAJE
 NECESSÁRIO A LISTA DE ARMAÇÃO DA LAJE
 ESTAR APROVADA PARA SE DAR INÍCIO A ESSA ETAPA

ITENS A VERIFICAR	DESCRIÇÃO	MEIO DE VERIFICAÇÃO			OBSERVAÇÕES E AÇÕES	C
		TOLERÂNCIA	VERIFICAÇÃO	NC		
Caixas elétricas do teto	Conferência do posicionamento, quantidade e fixação, conforme o projeto de instalações elétricas	-	Visual			
Esperas de gás, água e esgoto	Conferência do posicionamento, quantidade e fixação, conforme os projetos de instalações de gás e hidráulicas	-	Visual			
Eletrodutos	Conferência do posicionamento, quantidade e fixação, conforme o projeto de instalações elétricas	-	Visual			
Shaft's	Colocação de um EPS de isopor que impeça a concretagem do espaço destinado para o shaft, conforme projeto de instalações hidráulicas	-	Visual			

Assinatura responsáveis: _____

Data: _____

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 9 – Lista de verificação dos serviços pré-concretagem

Pavimento: _____
 Bloco: _____

SERVIÇOS PRÉ-CONCRETAGEM
 NECESSÁRIO A LISTA DE INSTALAÇÕES DA LAJE
 ESTAR APROVADA PARA SE DAR INÍCIO A ESSA ETAPA

ITENS A VERIFICAR	DESCRIÇÃO	MEIO DE VERIFICAÇÃO			C
		TOLERÂNCIA	VERIFICAÇÃO	NC	
Limpeza da laje	Verificar a necessidade de remoção de materiais/sujeiras presentes na laje	-	Visual		
Tensores	Conferência da colocação dos tensores nos vãos das portas e janelas, conforme projeto de fôrmas	-	Visual		
Nível dos painéis	Conferência do nível dos painéis, conforme projeto de fôrmas	± 10 mm*	Nível laser e trena		

* tolerâncias retiradas da NBR 16055:2012

Assinatura responsáveis: _____

Data: _____

Quadro 10 – Lista de verificação da concretagem

Pavimento: _____
 Bloco: _____

CONCRETAGEM
 NECESSÁRIO A LISTA DE SERVIÇOS PRÉ-CONCRETAGEM
 ESTAR APROVADA PARA SE DAR INÍCIO A ESSA ETAPA

ITENS A VERIFICAR	DESCRIÇÃO	MEIO DE OBSERVAÇÕES		
		TOLERÂNCIA	VERIFICAÇÃO	NC E AÇÕES
Recebimento do concreto	Conferência da nota fiscal e dos testes de trabalhabilidade (<i>slump</i> e <i>slump flow</i>)	-	Trena	
Corpos de prova	Verificação da moldagem de 6 corpos de prova no terço médio de cada um dos caminhos-betoneira	-	Visual	
Plano de concretagem	Conferência da realização da concretagem, conforme o plano de concretagem traçado	-	Visual	
Deslocamentos das fôrmas, instalações e armaduras	Verificar se não estão ocorrendo deslocamentos das fôrmas, instalações e armaduras	-	Visual	
Preenchimento das fôrmas	Acompanhar o preenchimento das fôrmas através de leves batidas com martelo de borracha nos painéis, principalmente em regiões mais propícias ao surgimento de ninhos de concretagem	-	Martelo de borracha	
Tempo de concretagem	Garantir que não seja ultrapassado o tempo de manuseio do concreto com aditivo superplastificante, que corresponde a 40 minutos	-	Horário em que foi adicionado o aditivo superplastificante	
Utilização do helicóptero	Utilização da desempenadeira motorizada do tipo helicóptero logo que seja possível caminhar sobre o concreto apenas deixando leves marcas na laje	-	Tentar caminhar sobre o concreto	
Acabamento da laje	Verificar se o grau de acabamento da laje está de acordo com o esperado	-	Visual	

Assinatura responsáveis: _____ Data: _____

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 11 – Lista de verificação da aceitação das paredes e laje de concreto

Pavimento: _____
Bloco: _____

ACEITAÇÃO DAS PAREDES E LAJE DE CONCRETO

ITENS A VERIFICAR	DESCRIÇÃO	MEIO DE VERIFICAÇÃO		OBSERVAÇÕES
		TOLERÂNCIA	NC	
Resistência do concreto	Verificar o resultado do ensaio de resistência à compressão do concreto às 14 horas, a fim de liberar a desforma	≥ 3 MPa	Resultado do ensaio	
Desforma	Verificar se ocorreu a remoção completa dos painéis e peças auxiliares	-	Visual	
Acabamento das paredes	Verificar a presença de ninhos de concretagem, fissuras, rebarbas de concreto, eletrodutos e armaduras aparentes	-	Visual	
Prumo das paredes	Conferência do prumo das paredes	± 5 mm*	Prumo e trena	
Alinhamento horizontal das paredes	Conferência do alinhamento horizontal das paredes	± 5 mm*	Nível de alumínio e trena	
Acabamento da laje	Verificar a presença de ninhos de concretagem, fissuras, rebarbas de concreto, eletrodutos e armaduras aparentes	-	Visual	
Nível da laje	Conferência do nível da laje, conforme projeto de fôrmas	± 10 mm*	Nível laser e trena	

* tolerância retirada da NBR 16055:2012

Assinatura responsáveis: _____ Data: _____

(fonte: elaborado pelo autor)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho de conclusão de curso teve como objetivo principal a elaboração de listas de verificação das etapas executivas do sistema parede de concreto, buscando agregar qualidade na execução do mesmo. O sistema construtivo em parede de concreto conquistou espaço no mercado da construção civil após o boom do mercado imobiliário. Na medida em que o governo aumentou o investimento em habitação, surgiram parcerias do sistema público e privado, como o programa minha casa minha vida, que buscaram desenvolver um número maior de habitações possíveis, em menor tempo de execução e com o máximo de economia. Assim, o sistema parede de concreto ganhou força no cenário da construção civil, por se adequar a estas novas exigências que surgiam.

Durante a pesquisa de campo realizada no trabalho, evidenciaram-se diversos problemas encontrados durante a execução do sistema. Alguns desses problemas, ou erros executivos, resultaram na necessidade de intervenção para correção dos mesmos, deslocando-se mão de obra para reparo e, por vezes, gerando atrasos nas etapas executivas. É, então, evidente a necessidade de um controle de qualidade durante a execução da obra, a fim de agregar maior qualidade final para o produto apresentado e, ainda, não deixar que o sistema perca em competitividade no mercado, garantindo cumprimento de prazos, quesito de grande valor nas atuais premissas do mercado imobiliário.

Como proposta de melhoria para trabalhos futuros, levanta-se a importância de observar mais obras do sistema parede de concreto, a fim de averiguar quais são os problemas executivos mais encontrados, e se esses se correlacionam ou não com os observados no estudo de campo desse trabalho. Portanto, apesar dos esforços realizados para elucidar os principais pontos em que o sistema parede de concreto poderia perder competitividade, apresentando maior número de erros executivos, ainda faz-se necessário o desenvolvimento de novos estudos.

Diante do exposto, conclui-se que, apesar da necessidade de novos estudos na área, o presente trabalho evidenciou a importância do emprego rotineiro de listas de verificação. Essas listas tem o intuito de agregar maior qualidade ao produto final e tornar o sistema ainda mais competitivo.

REFERÊNCIAS

ALONSO, U. R. **Previsão e controle das fundações**. São Paulo: Edgar Blücher, 1991.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 116R-90**: cement and concrete terminology. Detroit, USA. 1990

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

Disponível em:

<<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/9/anexo/colpc0708.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2011.

_____. **Parede de Concreto**: coletânea de ativos 2008/2009. São Paulo, 2009. Disponível em:

<<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/10/anexo/colpc0809.pdf>>.

Acesso em: 15 nov. 2011.

_____. **Parede de Concreto**: coletânea de ativos 2009/2010. São Paulo, 2010. Disponível em:

<<http://www.abesc.org.br/assets/files/coletania-aditivos-09.10.pdf>>. Acesso em: 15 nov.

2011.

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

_____. **NBR 12645**: execução de paredes de concreto celular espumoso moldadas no local – procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 9062**: projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 16055**: parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

BARDELLA, P. S.; BARBOSA, D. C.; CAMARINI, G. Sistemas de cura em concretos produzidos com cimento portland de alto-forno com utilização de sílica ativa. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 1., 2005, São Carlos. São Carlos: EESC-USP, 2005. p. 2. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/1enppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/115.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2011.

EUROPEAN FEDERATION FOR SPECIALIST CONSTRUCTION CHEMICALS AND CONCRETE SYSTEMS. **Specifications and guidelines for self-compacting concrete**. [S. l.], 2002.

FARIA, R. Projeto de armaduras. **Revista Técnica**, n. 120, mar. 2007. Não paginado.

Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/120/artigo45089-1.asp?o=r>>. Acesso em: 15 nov. 2011. Necessário senha para visualização.

_____. Industrialização econômica. **Revista Técnica**, n. 136, jul. 2008. Não paginado. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/136/artigo95948-1.asp?o=r>>. Acesso em: 15 nov. 2011. Necessário senha para visualização.

_____. Paredes maciças. **Revista Técnica**, n. 143, fev. 2009. Não paginado. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/143/artigo126454-1.asp?o=r>>. Acesso em: 15 nov. 2011. Necessário senha para visualização.

FERREIRA, O. A. R. **Concretos celulares espumosos**. Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP, São Paulo, 1987

GIAMMUSSO, S. E. **Manual do Concreto**. São Paulo: Pini, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Telas soldadas**: informações técnicas simplificadas. São Paulo, 1986.

LOTURCO, B. Pré-fabricados. **Revista Técnica**, n. 99, jun. 2005. Não paginado. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/99/artigo32914-1.asp>>. Acesso em 15 nov. 2011. Necessário senha para visualização.

MASCARENHAS, A. C. **Fôrmas para concreto**. Salvador: Centro Editorial e Didático da UFBA, 1988.

MAYOR, A. V. Parede de concreto: uma alternativa competitiva. In: CONCRETE SHOW SOUTH AMERICA, 2., 2008, São Paulo: UBM Sienna. Não paginado. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/sala_de_imprensa/noticias/5_parede_concreto_competitiva_Arcindo.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2011.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. Paredes de Concreto. **Revista Técnica**, n. 147, p. 74-80, jun. 2009.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento portland**. 10 ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1983.

QUAL O SISTEMA construtivo ideal. **Notícias da Construção**. 60. ed., p. 8, set. 2007.

ROSSO, S. M. Tilt-up: jogo de montar. **Revista Técnica**, n. 131, p. 42-45, fev. 2008.

SOUZA, R.; MEKBEKIAN, G. **Qualidade na Aquisição de Materiais e Execução de Obras**. São Paulo: Pini, 1996.

TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D. C. **Concreto auto-adensável**. São Paulo: Pini, 2008.