

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

Vinícius Carrion Coelho Dreon

**CONCRETO APARENTE:
GARGALOS E OPORTUNIDADES**

Porto Alegre
dezembro 2014

VINÍCIUS CARRION COELHO DREON

**CONCRETO APARENTE:
GARGALOS E OPORTUNIDADES**

Trabalho de Diplomação a ser 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

Orientadora: Angela Borges Masuero

Porto Alegre
dezembro 2014

VINÍCIUS CARRION COELHO DREON

CONCRETO APARENTE: GARGALOS E OPORTUNIDADES

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

Porto Alegre, 05 de dezembro de 2014

Profa. Angela Borges Masuero
Dra. pela UFRGS
Orientadora

Profa. Carin Maria Schmitt
Dra. pelo PPGA/UFRGS
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Angela Borges Masuero
Dra. pela UFRGS

Prof. Rafael Mascolo
Mestre pela UFRGS

Rodrigo Beltrame
Engenheiro pela UFRGS

Dedico este trabalho a meus pais, Wilson Dreon e Tânia Carrion Coelho, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Profa. Angela Borges Masuero, orientadora deste trabalho, pela dedicação e apoio prestados e conhecimento transmitido, que possibilitaram a elaboração do mesmo.

Agradeço a Profa. Carin Maria Schmitt, que dedicou seu tempo e paciência na correção deste trabalho e transmitiu conhecimento necessário para a elaboração desta e de futuras pesquisas.

Agradeço aos meus pais, Tânia Carrion Coelho e Wilson Dreon, que desde sempre me deram as condições necessárias para que eu estudasse, assim como o carinho e dedicação durante toda a minha vida, possibilitando que eu chegasse até aqui, neste grande momento que é o término da faculdade e do trabalho de conclusão.

Agradeço aos meus amigos da UFRGS, pela grande jornada até esse momento, cheia de medos, incertezas, mas ao mesmo tempo com grandes alegrias e momentos de estudo. Em especial à Eng. Caroline Giordani, companheira de vários trabalhos durante a faculdade.

Agradeço aos meus amigos de fora da faculdade, pelos belos momentos aproveitados durante minha formação acadêmica, mostrando-me que a faculdade não é somente estudo, mas também momentos de diversão e gozo da juventude.

Agradeço à Daniela Cristina Brollo, pelo amor, carinho e compreensão neste momento árduo que é o da elaboração de um trabalho de conclusão.

Agradeço ao Eng. Rodrigo Beltrame, que possibilitou este trabalho através da permissão de acompanhamento da obra e aos momentos de esclarecimentos de dúvidas.

Agradeço ao meu chefe e colegas de trabalho, que sempre me transmitiram conhecimento na área da construção civil, permitindo que eu crescesse profissionalmente.

A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas
pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo
mundo vê.

Arthur Schopenhauer

RESUMO

Este trabalho versa sobre o concreto aparente, no que diz respeito aos seus gargalos e oportunidades em relação ao projeto, especificação de materiais, processo executivo e também sua estética e durabilidade. A partir da literatura, foram abordados os elementos constituintes do concreto, sua influência na durabilidade e estética, assim como as recomendações de projeto e execução para garantir um concreto durável e de superfície homogênea, contínua e lisa. Dessa forma, partiu-se para a etapa de pesquisa em campo, tendo sido acompanhada a execução de parte de um empreendimento residencial na cidade de Porto Alegre. O empreendimento caracteriza-se por ter elementos internos em concreto aparente (lajes e pilares), tendo sido adotado um sistema especial de fôrmas para pilares (fôrma trepantes e autotrepante) e lajes (paginação da fôrma), além da necessidade da criação de paredes de concreto durante a fase de projeto para eliminação das vigas nos apartamentos, priorizando o caráter estético do concreto aparente. Durante a execução notou-se a necessidade de um correto mapeamento das chapas de compensado, locando a posição de cada uma delas através de sua numeração, de modo a evitar desencontro de juntas. O planejamento dos processos construtivos também foi essencial, uma vez que as fôrmas dos pilares e paredes apresentavam grandes dimensões, tendo-se que dividir a concretagem da laje em duas etapas, uma vez que para a concretagem da laje ocorrer era necessário desformar os pilares, deslocando essas fôrmas para a outra etapa da laje. Finalmente, foram avaliados os resultados obtidos através dos cuidados executivos, tendo-se percebido a ocorrência de defeitos superficiais como bolhas, vazios e manchas, havendo a necessidade de aplicação de uma fina camada superficial de argamassa em pilares, principalmente, e lixamento, no caso das lajes. Em relação à durabilidade, os testes de permeabilidade e avaliação de fissuras realizados *in loco* também apontaram a necessidade da aplicação dessa camada superficial de argamassa na estrutura, a fim de evitar a penetração de agentes agressivos, podendo gerar futura carbonatação do concreto e corrosão da armadura.

Palavras-chave: Durabilidade Concreto Aparente. Estética Concreto Aparente, Execução Concreto Aparente. Fôrmas Trepantes. Fôrmas Autotrepantes. Paginação de Fôrmas. Projeto Concreto Aparente. Materiais Concreto Aparente.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas de pesquisa	21
Figura 2 – Cachimbo de vidro conforme especificação do CSTC.....	47
Figura 3 – Maquete digital da edificação objeto de estudo	49
Figura 4 – Planta baixa de arquitetura do pavimento tipo	50
Figura 5 – Projeto de fôrma do pavimento tipo	52
Figura 6 – Croqui de climatização de um dos apartamentos do pavimento tipo	54
Figura 7 – Espaçador tipo cone $\frac{3}{4}$ e circular	56
Figura 8 – Acabamento nos pilares dado pelo espaçador tipo cone $\frac{3}{4}$	56
Figura 9 – Vista geral do assoalho paginado em compensado plastificado	57
Figura 10 – Vista geral do assoalho paginado em compensado plastificado após a primeira utilização	57
Figura 11 – Vista geral do assoalho paginado em compensado plastificado após a terceira utilização	58
Figura 12 – Dano pontual em uma das placas após a primeira utilização	58
Figura 13 – Desmoldante emulsão em óleo para pilares e paredes	59
Figura 14 – Desmoldante emulsão em água para lajes	59
Figura 15 – Caixa elétrica plástica	63
Figura 16 – Caixa elétrica plástica posicionada na fôrma	63
Figura 17- Etapas iniciais de montagem e elevação da fôrma autotrepante	64
Figura 18 – Etapas finais de montagem e elevação da fôrma autotrepante	65
Figura 19 – Vista da fôrma autotrepante envolvendo a edificação	66
Figura 20 – Foto do croqui de paginação das fôrmas de laje	67
Figura 21 – Escoramento GRIDFLEX	68
Figura 22 – Escoramento GRIDFLEX	68
Figura 23 – Montagem da fôrma dos pilares	69
Figura 24 – Concretagem de pilares	71
Figura 25 – Montagem da armadura das paredes	73
Figura 26 – Posicionamento das chapas de compensado com auxílio de linhas de nylon para paginação	74
Figura 27 – Detalhe das juntas desalinhadas e espaçadas	75
Figura 28 – Identificação das chapas de compensado	76
Figura 29 – Fôrma da laje reescorada	76
Figura 30 – Fixação da tampa da caixa elétrica no assoalho	78

Figura 31 – Bolhas em mudanças de planos	81
Figura 32 – Detalhe da incidência de bolhas	81
Figura 33 – Vista Geral da incidência de bolhas em um pilar	82
Figura 34 – Pequena concentração de vazios em um pilar	83
Figura 35 – Grande concentração de vazios em um pilar	83
Figura 36 – Agregado exposto em uma laje	84
Figura 37 – Manchas de oxidação devido à exposição à água da armadura da laje	85
Figura 38 – Manchas generalizadas em parte da laje concretado com compensado de reuso em comparação ao uso de compensado novo (à direita)	85
Figura 39 – Manchas escuras ao longo do pilar	86
Figura 40 – Sujeira impregnada na laje (“pegadas”) e conseqüente remoção do desmoldante	86
Figura 41 – Diferença de tonalidade em uma laje	87
Figura 42 – Diferença de tonalidade em um pilar	87
Figura 43 – Juntas desniveladas	87
Figura 44 – Acabamento superficial ideal de um pilar	88
Figura 45 – Acabamento superficial regular de uma laje	88
Figura 46 – Divisão da estrutura em duas etapas do ciclo	90
Figura 47 – Vista do cachimbo de vidro utilizado para ensaio de absorção de água	94
Figura 48 – Absorção de água pelo método do cachimbo (pilar P8 do 2º pavimento) ...	95
Figura 49 – Absorção de água pelo método do cachimbo (pilar P17 do 3º pavimento) ..	96
Figura 50 – Absorção de água pelo método do cachimbo (pilar P8 do 3º pavimento)	96
Figura 51 – Fissura de grande extensão em uma laje (0,30 mm de largura)	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Composição Química do Cimento.....	26
Quadro 2 – Modelos e tamanhos de espaçadores	55
Quadro 3 – Comparativo entre o concreto especificado em projeto, o concreto fornecido e a recomendação da NBR 6118	60
Quadro 4 – Comparativo entre características para um concreto convencional e para concreto aparente fornecido considerando a mesma estrutura	60
Quadro 5 – Comparativo de traços entre concretos com cimento CP V - ARI e CPIV usado nas paredes para uma quantidade de 5 m ³	61
Quadro 6 – Comparativo de traços entre concretos com cimento CP V-ARI e CP IV usado em pilares, lajes e vigas para uma quantidade de 5 m ³	62
Quadro 7 – Comparativo entre o acabamento superficial de um concreto convencional e aparente	79
Quadro 8– Comparativo entre etapas construtivas do concreto convencional e aparente	87
Quadro 9 – Ciclo projetado de 7 dias	89
Quadro 10 – Dias úteis do ciclo de cada etapa por pavimento	91
Quadro 11 – Características dos pilares ensaiados à absorção de água pelo método do cachimbo	92
Quadro 12 – Locais de detecção de fissuras e suas dimensões	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo requerido para o isolamento dos poros capilares e assim tornar o concreto impermeável	29
Tabela 2 - Recobrimento de armadura para o concreto armado de acordo com o elemento e a classe de agressividade ambiental de acordo com a NBR 6118....	36

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira De Normas Técnicas

ACI – *American Concrete Institute*

CEB – *Comite Europeen Du Beton*

CIE – Comissão Internacional de Iluminação

CSTC - *Centre Scientifique ET Technique de La Construcion*

NBR – Norma Brasileira

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

dq / dt – taxa do fluxo de fluído

K – coeficiente de permeabilidade (cm/s)

μ – viscosidade do fluido (cm²/s)

ΔH – gradiente de pressão (cm)

A – área da superfície (cm²)

L – espessura do sólido (cm)

Q – pressão estática do vento (Pa)

v – velocidade do vento (m/s)

C – absorção de água por capilaridade (g/cm²)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	19
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	19
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	19
2.2.1 Objetivo Principal	19
2.2.2 Objetivos Secundários	19
2.3 DELIMITAÇÕES	20
2.4 LIMITAÇÕES	20
2.5 DELINEAMENTO	20
3 CONCRETO	22
3.1 CONCRETO APARENTE	22
3.1.1 Definições	22
3.1.2 Mistura e Estado Endurecido	23
3.1.3 Durabilidade	23
3.1.4 Estética	25
3.2 COMPONENTES	25
3.2.1 Cimento	25
3.2.1.1 Cimento Portland CP IV.....	26
3.2.1.2 Cimento Portland CP V-ARI	27
3.2.2 Agregados	28
3.2.3 Relação Água/Cimento	29
3.3 FÔRMAS	30
3.3.1 Fôrmas Metálicas (Aço)	31
3.3.2 Fôrmas de Madeira	31
3.3.2.1 Fôrmas de Compensado Resinado.....	32
3.3.2.2 Fôrmas de Compensado Plastificado	32
3.4 DESMOLDANTES	33
3.4.1 Desmoldantes em Óleo Puro	33
3.4.2 Desmoldantes em Óleo com Aditivo Tensoativo	33
3.4.3 Emulsão em Óleo	33
3.4.4 Emulsão em Água	34
3.4.5 Químico	34

4 PROJETO, PROCESSO EXECUTIVO E DEFEITOS SUPERFICIAIS	35
4.1 PROJETO	35
4.2 PROCESSO EXECUTIVO	36
4.2.1 Fôrmas	36
4.2.2 Aplicação Desmoldante	37
4.2.3 Armadura	37
4.2.4 Lançamento e Adensamento do Concreto	37
4.2.5 Desfôrma	39
4.3 DEFEITOS SUPERFICIAIS	39
4.3.1 Conceito	39
4.3.2 Tipos de Defeitos	40
4.3.2.1 Bolhas de Ar	40
4.3.2.2 Vazios	41
4.3.2.3 Textura Arenosa	41
4.3.2.4 Remoção da Camada Superficial.....	41
4.3.2.5 Incrustações	42
4.3.2.6 Fissuração	42
4.3.2.7 Riscos	42
4.3.2.8 Manchas	42
4.3.2.8.1 <i>Variação de Tons</i>	42
4.3.2.8.2 <i>Variações Pontuais de Cor</i>	43
5 PARÂMETROS E ENSAIOS	44
5.1 RESISTÊNCIA	44
5.2 PERMEABILIDADE.....	45
6 DESCRIÇÃO DA EXECUÇÃO DO EMPREENDIMENTO E ENSAIOS IN LOCO.....	48
6.1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO ANALISADO	48
6.2 PROJETO	49
6.2.1 Arquitetura	49
6.2.2 Estrutura	51
6.2.2.1 Fôrmas	51
6.2.2.2 Armaduras	52
6.2.2.2.1 <i>Pilares</i>	52
6.2.2.2.2 <i>Vigas</i>	53
6.2.2.2.3 <i>Lajes</i>	53

6.2.3 Hidrossanitário	53
6.2.4 Climatização	53
6.3 MATERIAIS	54
6.3.1 Armadura e Espaçadores	55
6.3.2 Fôrma	56
6.3.3 Desmoldante	59
6.3.4 Concreto	59
6.3.4.1 Paredes (pilares e vigas externos)	61
6.3.4.2 Pilares, Lajes e Vigas	62
6.3.5 Material Elétrico	62
6.4 EXECUÇÃO	63
6.4.1 Sistema de Fôrmas	63
6.4.1.1 Fôrmas Autotrepantes e Trepantes	64
6.4.1.2 Fôrma das Lajes	66
6.4.2 Sistema de Escoramento	67
6.4.3 Etapas do Processo Construtivo e Cuidados Executivos	68
6.4.3.1 Montagem de Armadura e Fôrma de Pilares	68
6.4.3.2 Concretagem de Pilares	70
6.4.3.3 Desfôrma e Cura de Pilares	71
6.4.3.4 Montagem de Armadura e Fôrmas das Paredes	72
6.4.3.5 Concretagem das Paredes	73
6.4.3.6 Desfôrma e Cura das Paredes	73
6.4.3.7 Montagem das Fôrmas das Lajes	74
6.4.3.7.1 Juntas Paginadas	75
6.4.3.7.2 Fixação das Chapas de Compensado	76
6.4.3.7.3 Limpeza	77
6.4.3.8 Montagem de Armadura das Lajes	77
6.4.3.9 Instalações Elétricas das Lajes	77
6.4.3.10 Instalações Hidrossanitárias	78
6.4.3.11 Concretagem das Lajes	78
6.4.3.11.1 Pré-Concretagem	79
6.4.3.11.2 Lançamento e Adensamento	79
6.4.3.12 Desfôrma e Cura de Lajes	80
6.4.4 Defeitos no Acabamento Superficial	80
6.4.4.1 Bolhas	81

6.4.4.2 Vazios	83
6.4.4.3 Agregado Exposto	83
6.4.4.4 Manchas	84
6.4.4.4.1 Diferenças Pontuais de Cor	84
6.4.4.4.2 Diferenças de Tonalidade	87
6.4.4.5 Desníveis de Juntas	87
6.4.5 Acabamento Superficial Ideal	88
6.4.6 Comparativo de Etapas em Relação a uma Estrutura Convencional	89
6.4.7 Ciclo do Processo Executivo.....	89
6.4.7.1 Ciclo de 7 dias	90
6.4.7.2 Ciclo Real	91
6.5 ENSAIOS IN LOCO	93
6.5.1 Ensaio de Absorção	93
6.5.2 Abertura de Fissuras	98
6.5.2.1 Lajes	99
6.5.2.2 Pilares	100
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
REFERÊNCIAS	107
ANEXO A	109
ANEXO B	110
ANEXO C	111

1 INTRODUÇÃO

Segundo Prudêncio ([ca. 1979], p. 5), “Como concreto aparente considera-se o material resultante da aglutinação de agregados resistentes por um cimento suficientemente estável, após seu endurecimento, não recebendo nas superfícies resultantes, nenhum revestimento com pasta ou argamassa.”. Assim, o sistema construtivo utilizando concreto aparente proporciona economia, por não necessitar de revestimentos cimentícios, e baixo custo de manutenção se bem executado.

O uso do concreto armado aparente começou no fim do século XIX. Porém, só se intensificou no Brasil e em outros países após a Segunda Guerra Mundial, quando efetivamente se conseguiu uma composição suficientemente regular e uniforme devido aos avanços tecnológicos do material na época. Seu uso se estende até hoje, tendo ocorrido seu ápice nas décadas de 1950 e 1960. Um dos arquitetos a projetar edifícios em concreto aparente foi Oscar Niemeyer, tendo construído o Teatro de Brasília na década de 1960 (BUCHER¹, 1989 apud SILVA, P. F. A., 1995; COUTINHO, 1973; FERREIRA², 1967 apud SILVA, P. F. A., 1995; MAZZA³, 1989 apud SILVA, P. F. A., 1995).

Apesar da grande utilização do concreto aparente nas décadas anteriores, segundo Mazza⁴ (1989 apud SILVA, P. F. A., 1995, p. 9), “No fim da década de 1970 e início da de 1980, no Brasil, o concreto aparente começou a sofrer muitas críticas. Isto se deveu a necessidade de recuperação das obras feitas nas décadas de 1950 e 1960 por problemas de detalhamento e execução.”.

Assim, na década de 1990 houve um esquecimento do material, devidos aos problemas ocorridos nos anos anteriores, voltando a ser mais utilizado a partir do anos 2000, em obras como a sede da Procuradoria Geral da República (2002) de Niemeyer, a Casa de Cultura de

¹ BUCHER, H. Introdução ao concreto aparente. In: SIMPÓSIO DE APERFEIÇOAMENTO EM TECNOLOGIA DO CONCRETO, 6., 1989, São Paulo, *Anais...* São Paulo: ABCP, 1989, p. 1-14.

² FERREIRA, C. **Betão aparente**: introdução à história e tecnologia. Lisboa: Escola Superior de Belas Artes, 1967.

³ MAZZA, M. **Concreto aparente, à vista**. São Paulo: Pini, 1989.

⁴ op. cit.

Israel (2003) e o Parque da Cidade (2008), também de Niemeyer (GUIMARÃES, [s.d]; OBRA, 2014; PINI, 2003).

Hoje em dia, muitas das obras executadas em concreto aparente são obras de arte, como pontes e viadutos, sendo que parte delas acaba necessitando de manutenção corretiva devido a problemas de durabilidade ou estética (CARDILLI, 2012). Mesmo assim, recentemente o concreto aparente também vem ganhando espaço em obras residenciais (SÁ, 2010, p. 12), tendo seu uso inspirado por obras de Oscar Niemeyer, sendo destacadas sua beleza arquitetônica e economia com serviços posteriores (revestimentos) (ALVES, 2014; CONCRETO, [s.d]). Um desses casos são os empreendimentos Max Haus (franquia de prédios residenciais). Nestes empreendimentos, o teto (parte inferior das lajes) e os pilares centrais dos apartamentos são em concreto aparente, com juntas paginadas (NEX GROUP, 2013).

Segundo Silva (P. F. A., 1995, p. 1), além da resistência mecânica como fator de qualidade, outros dois são essenciais ao concreto aparente: durabilidade e aparência, uma vez que o concreto fica exposto, servindo como material de acabamento, ainda que hoje em dia se saiba que a durabilidade é um fator importante para grande parte dos concretos. Baseando-se a partir daí, o enfoque desse trabalho são os gargalos e oportunidades do concreto aparente levando em conta projeto, materiais e processo executivo, relacionando com parâmetros que influenciam na sua durabilidade e aparência.

Inicialmente são descritos os materiais constituintes do concreto aparente, desde o cimento até as fôrmas, relacionando-os com a durabilidade e estética do produto final, mencionando também os cuidados com o projeto execução a serem tomados para evitar os defeitos mais recorrentes e mais notados nesse tipo de estrutura, sendo por fim detalhados os parâmetros avaliados e ensaios a serem realizados.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

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

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Quais são os gargalos e as oportunidades decorrentes do uso do concreto aparente em relação ao projeto, à execução, à estética e à durabilidade?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

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

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a análise dos gargalos e das oportunidades decorrentes do uso do concreto aparente, em relação ao projeto, à execução, à estética e à durabilidade.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) descrição dos procedimentos do processo de execução adotados com vistas a atender os requisitos de estética e durabilidade estabelecidos para o concreto aparente.
- b) identificação das características especificadas no concreto que influenciam na estética e durabilidade.
- c) avaliação in loco das características estéticas obtidas.
- d) avaliação in loco de fatores que influenciam na durabilidade do concreto aparente.

- e) identificação das modificações e adaptações de projeto necessárias ao uso do concreto aparente.

2.3 DELIMITAÇÕES

Este trabalho delimita-se a analisar e acompanhar uma obra residencial na cidade de Porto Alegre.

2.4 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) os materiais e as características dos mesmo estão limitados aos materiais adotados nesta obra;
- b) ensaios de durabilidade estão limitados à absorção e abertura de fissuras;
- c) a avaliação estética se limita a avaliação visual dos defeitos superficiais;

2.5 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, e que são descritas nos próximos parágrafos:

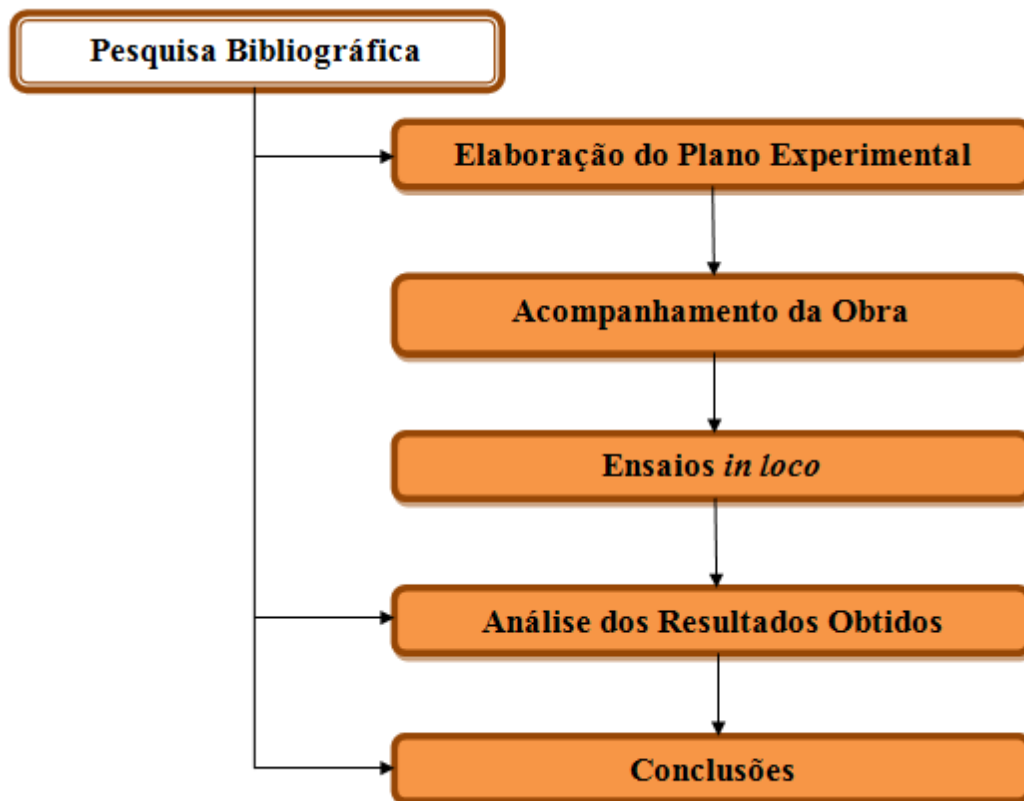
- a) pesquisa bibliográfica;
- b) elaboração do plano experimental;
- c) acompanhamento da obra;
- d) ensaios in loco;
- e) análise dos resultados obtidos;
- f) conclusões.

Na etapa de **pesquisa bibliográfica**, foram feitas pesquisas sobre o tema escolhido, de forma a ajudar na elaboração do trabalho assim como fornecer informações e diretrizes para as etapas seguintes. A partir dela, foi feita a **elaboração do plano experimental**, definindo quais testes in loco devem ser realizados e de que forma devem ser executados. Também foram definidas as características avaliadas e quantidade de teste para cada tipo de ensaio. Na etapa seguinte, foi feito o **acompanhamento da obra** (execução da fôrma, armação da ferragem,

concretagem, desforma e cura), através de visitas ao canteiro de obra. Posteriormente, foram realizados os **ensaios in loco**, verificando-se a capilaridade, abertura de fissuras, também sendo feita a avaliação visual dos defeitos superficiais e textura das superfícies obtidas.

Após os ensaios realizados, foi feita a **análise dos resultados obtidos**, relacionando os resultados com as especificações de projeto, materiais empregados e processo executivo. A partir dessa análise, chegaram-se às **conclusões**, com a relação desses parâmetros na estética e durabilidade final do concreto aparente, observando-se então os gargalos e as oportunidades do uso desse material. A relação das etapas de pesquisa é apresentada na figura 1.

Figura 1– Diagrama das etapas de pesquisa



(fonte: elaborada pelo autor)

3 CONCRETO

Nesse capítulo são abordadas a definição e propriedades do concreto aparente, bem como os componentes e elementos para mistura e moldagem.

3.1 CONCRETO APARENTE

Apresenta-se neste item a definição de concreto aparente, o seu comportamento na mistura e estado endurecido, o conceito de durabilidade do concreto, principais fatores influentes na sua durabilidade e estética.

3.1.1 Definições

O concreto de cimento Portland é o material mais consumido pelo homem depois da água, sendo este o material estrutural e de construção civil mais importante da atualidade (ANDRADE; HELENE, 2007, p. 905). Em seu uso como aparente, o concreto é igualmente obtido pela mistura de cimento, agregados, água e, às vezes, aditivos e pigmentos. Porém, sua superfície resultante não recebe nenhum tipo de revestimento, podendo ter o agregado coberto (sem tratamento da superfície após a retirada das fôrmas) ou exposto (com tratamento posterior através de talhadeira, jato de areia, etc.) (ANDRADE; HELENE, 2007; SILVA, P. F. A., 1995).

Prudêncio ([ca.1979], p. 5) afirma:

De um modo geral, todo concreto sem proteção de revestimento pode ser classificado como aparente, devendo, entretanto, apresentar cuidados especiais quanto a sua superfície, aqueles que além da função estética, assumem valores de expressão plástica.

Quanto à estética, o mesmo é reforçado por Silva (P. F. A., 1995, p. 1), que indica:

Em geral, quando se pensa na qualidade do concreto, há uma preocupação apenas com relação a sua resistência, esquecendo-se do fator fundamental que é a sua durabilidade. Entretanto, quando o concreto vai ser usado como material de

acabamento, concreto aparente, a aparência deve ser incluída como uma de suas qualidades essenciais, além da resistência e durabilidade.

3.1.2 Mistura e Estado Endurecido

Segundo Andrade e Helene (2007, p. 920), na mistura do concreto, o Cimento Portland e a água formam uma pasta que envolve os agregados de diferentes dimensões, inicialmente podendo ser moldados em fôrmas e, após, endurecendo pela reação de hidratação do cimento, na qual adquire resistência mecânica. A proporção entre seus componentes é determinada de tal forma que atenda as diferentes propriedades que um concreto deve possuir: mecânicas, físicas, de durabilidade e de trabalhabilidade (importante para as etapas anteriores ao seu endurecimento). Além dessas, Silva (P. F. A., 1995, p. 1) cita também a estética, propriedade fundamental no caso de um concreto aparente.

Quando endurecido, o concreto possui três fases: pasta, agregado e zona de transição pasta-agregado. Pode-se dizer também que, o concreto, quando endurecido, é um material poroso, já que parte da água não aproveitada durante a sua hidratação acaba evaporando, restando então vazios com água (que não evaporou) e ar incorporado durante a o período da sua mistura (PETRUCCI⁵, 1973 apud SILVA, P. F. A., 1995).

3.1.3 Durabilidade

Durante muito tempo, a principal característica controlada em uma estrutura de concreto armado era sua resistência à compressão. Porém, com o uso de outros materiais de construção, consideração dos ambientes de exposição e diferentes procedimentos de cálculo, verificou-se que somente esse parâmetro era insuficiente no momento da especificação de projeto. A partir daí, começou-se a pensar no conceito da durabilidade, tanto da estrutura quanto dos materiais constituintes, aliado ao conceito do desempenho da estrutura (POSSAN, 2010, p. 61-62).

Posteriormente, foi inserida a variável “tempo”, trazendo o conceito de vida útil. Hoje em dia, há outros dois fatores que estão sendo pensados no momento de conceber uma estrutura de

⁵ PETRUCCI, E.G. **Concreto de cimento Portland**. 6. ed. Porto Alegre: Globo, 1973.

concreto armado: custo do ciclo de vida, que considera os custos em relação à manutenção, e sustentabilidade, considerando custos e impactos ambientais (POSSAN, 2010, p. 61-62).

Segundo Silva (P. F. A., 1995, p. 11), o concreto não é indestrutível, e, com o tempo, suas propriedades mudam devido a fatores externos. O mesmo autor cita que:

Segundo o comitê do American Concrete Institute⁶, durabilidade é a habilidade para resistir às ações de intempéries, ataques químicos, abrasão ou qualquer outro processo de deterioração, ou seja, um concreto durável manterá a sua forma original, qualidade e funcionalidade, quando colocado em serviço.

Ainda para o autor, o fim da vida útil de um concreto é quando, sob determinadas condições de uso, a utilização da estrutura é considerada insegura e sua recuperação é antieconômica.

Em relação à durabilidade de uma estrutura de concreto, além de ser considerado importante o estudo da penetração de substâncias agressivas (permeabilidade), devem ser analisados também o meio ambiente no qual ele está inserido e a qualidade da camada de superfície (pois esta camada protege o aço e as camadas internas de ações químicas e físicas). Logo, é importante que o concreto não apresente fissuras nessa camada, pois elas permitem a percolação de água e difusão de gases nocivos, podendo assim ocorrer manifestações patológicas futuras (SILVA, P. F. A, 1995).

Segundo Mehta e Monteiro (1994, p. 119), no caso de "[...] sólidos porosos a permeabilidade do material à água habitualmente determina a taxa de deterioração.", o que vai ao encontro com Silva. (P. F. A., 1995), que além de citar permeabilidade, traz o estágio de carbonatação e proteção do aço à corrosão como grandes fatores de deterioração.

Durante a definição, especificação e execução do concreto, há vários fatores que podem influenciar tanto positivamente quanto negativamente em sua durabilidade e estética, sendo os mais importantes segundo Kirchheim (2003) e Silva (P. F. A., 1995):

- a) relação a/c;
- b) consumo de cimento;
- c) tipo de cimento e composição química;
- d) tipo de fôrma;
- c) cura;

⁶ AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Guide to durable concrete**. Detroit: ACI, 1989.

- d) qualidade de execução (cuidados pré-lançamento, lançamento, vibração, etc.).
- e) má qualidade dos agregados

3.1.4 Estética

Segundo Silva, (P. F. A., 1995), a estética de uma estrutura de concreto aparente é função de sua homogeneidade de cor, textura e juntas, ao longo do tempo. Além desses fatores, ela é muito afetada, após a sua construção, pelo ambiente ao qual a estrutura está inserida, podendo este adulterar sua cor, devido à poeira, sujeira e fuligem, que acabam se depositando na superfície do concreto. O grau de deposição dessas partículas está relacionado com a textura superficial do concreto aparente, dada pelas fôrmas, influenciando assim a cor com o passar do tempo.

Outro fator influente no depósito de sujeira é o traço do concreto, podendo dar origem a uma superfície mais ou menos sensível a esse depósito. Logo, isso deve ser considerado na fase inicial de escolha de materiais para o concreto aparente (SILVA, P. F. A., 1995).

3.2 COMPONENTES

Neste item é dada a ênfase para os elementos constituintes do concreto e suas propriedades e características relevantes para o concreto aparente.

3.2.1 Cimento

Silva (P. F. A., 1995, p. 21) conceitua:

O Cimento Portland é um algerante hidráulico, obtido da mistura de materiais calcários e argilosos, queimando-os em fornos rotativos a uma temperatura de clínquerização da ordem de 1450°C e moendo o clínquer resultante (LEA⁷, 1970). Para regular a pega do cimento adiciona-se gesso ao clínquer, durante a moagem.

Mehta e Monteiro (1994, p. 191) trazem, através do quadro 1, a composição química do cimento, separando-os em óxidos e compostos.

⁷ LEA, F. M. **The chemistry of cement and concrete**. 3rd ed. Glasgow: [s. n.]. 1970.

Quadro 1 – Composição Química do Cimento

Óxido	Abreviação	Compostos	Abreviação
CaO	C	3CaO . SiO ₂	C ₃ S
SiO ₂	S	2CaO . SiO ₂	C ₂ S
Al ₂ O ₃	A	3CaO . Al ₂ O ₂	C ₃ A
Fe ₂ O ₃	F	4CaO . Al ₂ O ₂ . Fe ₂ O ₃	C ₄ AF
MgO	M	4CaO . 3Al ₂ O ₂ . SO ₃	C ₄ A ₃ S
SO ₃	S*	3CaO . 2SiO ₂ . 3H ₂ O	C ₃ S ₂ H ₃
H ₂ O	H	CaSO ₃ . 2H ₂ O	CS*H ₂

(fonte: MEHTA; MONTEIRO, 1994, p. 190)

Segundo Silva (M. G. da, 2007, p. 761), é comum fazer a adição de materiais finamente moídos (adições minerais) ao Cimento Portland, trazendo vantagens como o aumento da durabilidade e economia (uma vez que essas adições tem custo menor que o Cimento Portland). Essas adições são divididas em três categorias de materiais:

- a) cimentícios: escórias de alto forno;
- b) pozolânicos: cinza volante, sílica ativa, argila calcinada, etc.;
- c) não-reativos: *filler* calcário.

O cimento também exerce grande influência quanto à coloração do concreto, uma vez que a cor do cimento é função dos óxidos de ferro e manganês (quanto maior o teor, mais cinza é o cimento) assim como o teor de adições que ele possui (depende do tipo de adição e da quantidade). Quanto aos cimentos pozolânicos, a cinza volante dá tonalidade mais escura, enquanto a argila calcinada e terras diatomáceas dão tonalidade avermelhada. Cimentos de alto forno dão origem a concretos mais claros (SILVA, P. F. A., 1995, p. 24). Moreira (1991, p. 14) alerta para que o cimento tenha sempre a mesma procedência e mantenha uma constância de cor, para uma estrutura de concreto aparente.

A seguir são descritas as diferentes composições para o Cimento Portland CP IV e CP V-ARI assim como suas características, pois são os cimentos utilizados nos concretos da obra acompanhada.

3.2.1.1 Cimento Portland CP IV

O Cimento Portland CP IV possui três classes de resistência (25, 32 e 40), contendo de 15% a 50% de material pozolânico e até 5% de filler (SILVA, M. G. da, 2007). Quanto ao seu uso, é

indicando quando se deseja um baixo calor de hidratação, uma vez que contém grande teor de adições em substituição do clínquer. O material pozolânico possui reações mais lentas, logo, reduz o calor de hidratação. Outra razão para isso é o fato de haver mais C_2S (que possui baixo calor de hidratação) do que C_3S (de alto calor de hidratação) (MEHTA; MONTEIRO, 1994; SILVA, M. G. da, 2007, p. 780). Em relação à durabilidade, uma vez que possui adições pozolânicas, essas adições irão reagir com o hidróxido de cálcio proveniente da hidratação do cimento, resultando em silicatos e sílicoaluminatos de cálcio hidratado que irão precipitar nos poros capilares, reduzindo assim sua porosidade capilar e evitando a lixiviação do hidróxido de cálcio, melhorando a durabilidade em relação à entrada de agentes agressivos (SILVA, M. G. da, 2007).

3.2.1.2 Cimento Portland CP V-ARI

O Cimento Portland CP V-ARI é composto por 100 a 95 % de clínquer e sulfato e 0 a 5% de material carbonático sendo a designação alta resistência inicial (ARI) utilizada para representar o mínimo de resistência à compressão aos 7 dias de idade, que é de 34,0 MPa. Vale ressaltar que o material carbonático utilizado como adição deve ter no mínimo 85 % de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) segundo a NBR 5733 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1991, p. 2). Concretos com esse tipo de cimento são geralmente utilizados quando se necessita a desfôrma em menores prazos (ISAIA, 1988). Segundo Mehta e Monteiro (1994, p. 211) esse tipo de cimento também é indicado quando é necessária uma alta resistência ao sulfato.

Em relação ao calor de hidratação, o CP V-ARI apresenta valores maiores, uma vez que quase sua totalidade é composta por C_2S e C_3S , não havendo praticamente adições que retardem as reações de hidratação (SILVA, P. F. A., 1995). Quanto à durabilidades de concretos com esse tipo de cimento, uma vez que as partículas são mais finas, é necessária uma maior quantidade de água para um mesmo abatimento, se comparado a concretos com adições, resultando assim em uma maior relação a/c para uma mesma resistência à compressão. Logo, haverá maior porosidade, resultando em uma situação desfavorável do ponto de vista da penetração de agentes agressivos (MOLIN, 2011).

3.2.2 Agregados

Segundo Silva (P. F. A., 1995 p. 32), agregados são materiais granulados provenientes de rochas, utilizados na composição do concreto e ocupando cerca de 70% de seu volume total, tendo como principais funções a redução de custos (uma vez que são mais baratos que o cimento) e proporcionar durabilidade. A NBR 7221 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012a) define como agregado miúdo aqueles cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm, e, como agregado graúdo, aqueles cujos grãos passam pela peneira de 75 mm e ficam retidos na peneira de 4,75 mm.

Quanto ao agregado graúdo (brita), esse material é encontrado no mercado pelo seu nome comercial (brita 1, brita 2, brita 3 e pedrisco). Quanto ao agregado miúdo (areia), é recomendado que para o concreto aparente seja usada a areia média, visto que a areia grossa não fornece uma superfície com aparência uniforme e, devido ao pequeno número de partículas finas, acaba aumentando o número de bolhas (SILVA, P. F. A., 1995, p. 37).

Segundo Silva (P. F. A., 1995, p. 32), “As granulometrias dos agregados têm uma influência muito grande sobre a qualidade do concreto, especialmente sobre a capacidade, resistência e aparência.”. Silva (P. F. A., 1995, p. 32-33) ainda explicita que, enquanto os agregados graúdos não influenciam na coloração do concreto, o agregado miúdo (de diâmetro inferior a 0,30 mm) juntamente com o cimento, são responsáveis pela coloração da superfície. Assim, é recomendada a utilização do mesmo fornecedor de agregado para o concreto durante a obra, de forma a evitar diferenças de coloração devido a uma mudança de granulometria da areia. Caso ocorra mudança no fornecedor, é recomendado fazer um teste de coloração para o concreto, de modo a não gerar grandes mudanças de tonalidade em relação ao concreto anteriormente usado.

Outros cuidados a se tomar, no caso de um concreto aparente, é certificar-se de que os agregados estão livres de argila e materiais carbonosos (partículas de carvão, madeira, etc.), pois causam manchamento, e também livres de pirita em meios a seus finos, pois causam manchas com aspecto de ferrugem, caso oxidem. Também é de suma importância a verificação de agregados que possam conter materiais com o potencial de reagir com os álcalis do cimento (reação álcali-agregado), como a sílica não cristalina, por exemplo, gerando expansão e desagregação do concreto na presença de umidade (SILVA, P. F. A., 1995).

3.2.3 Relação Água/Cimento

A água tem como função hidratar o cimento, proporcionando trabalhabilidade, inicialmente, e, posteriormente, proporcionar o endurecimento e desenvolvimento de resistência. A quantidade de água determina a coloração do concreto, sendo um concreto com menor relação água/cimento mais escuro que um de alta relação água/cimento. Também exerce influência em sua permeabilidade e resistência mecânica, pois quanto maior essa relação, maior a evaporação de água não consumida durante a hidratação, tendo como consequência um alto número de vazios no interior do concreto (ANDRADE; HELENE, 2007; MOREIRA, 1991; SILVA, P. F. A., 1995).

Sendo assim, o tamanho dos poros e a continuidade entre eles são proporcionais à quantidade de água, e determinam o coeficiente K de permeabilidade do concreto. O número de poros, porém, vai reduzindo conforme a hidratação progride, logo ficando o concreto impermeável. A tabela 1 associa a relação água/cimento com o tempo (em dias) para que o concreto fique impermeável (SILVA, P. F. A., 1995, p. 31).

Tabela 1 – Tempo requerido para o isolamento dos poros capilares e assim tornar o concreto impermeável

Relação a/c	Idade em dias
0,40	3
0,45	7
0,50	14
0,60	180
0,70	365
>0,70	impossível

(fonte: NEVILLE⁸, 1982 apud SILVA, P. F. A., 1995, p. 23)

Quanto à água que fica presa no concreto, segundo Mehta⁹ (1986 apud SILVA, P. F. A., 1995):

A água ocorre sob a forma de vapor ou líquido, nos poros, ou como água de cristalização incorporada pelos constituintes hidratados do cimento, ou ainda contida no gel que se desenvolve nas fases iniciais da hidratação dos silicatos e aluminatos do clínquer.

⁸ NEVILLE, A. **Propriedades do concreto**. Tradução de Salvador E. Giammusso. São Paulo, Pini: 1982.

⁹ MEHTA, P. **Concrete: structure, properties and material**. New Jersey: Pretence Hall, 1986.

3.3 FÔRMAS

A fôrma é o elemento responsável por moldar as estruturas de concreto, proporcionando seu formato geométrico e dando textura à sua superfície. Além disso, deve ter resistência para suportar as pressões exercidas pelo concreto durante seu estado fresco, com rigidez suficiente para manter as dimensões previstas em projeto, evitando assim defeitos prejudiciais à estética ou desempenho do elemento (CALIL JUNIOR; LAHR, 2007, p. 1231; SILVA, P. F. A., 1995, p. 49-50).

O *American Concrete Institute*¹⁰ (1989 apud SILVA, P. F. A., 1995, p. 32) também descreve o seguinte:

Cada superfície de concreto é fiel reflexo da sua fôrma, sendo ela a que preponderantemente condiciona o valor fundamental e estético da superfície do concreto aparente de uma obra. Não basta apenas conhecer a tecnologia do concreto. É importante, também, conhecer a interação concreto/fôrma.

As fôrmas também devem ser estanques, não permitindo a perda de água e argamassa durante a concretagem. A estanqueidade é importante, pois locais em que ocorre perda de água ou argamassa acabam ficando com manchas escuras, além da qualidade superficial ficar prejudicada em relação à durabilidade (dando condições para ocorrer a corrosão de armaduras), uma vez que o cobrimento é comprometido (CALIL JUNIOR; LAHR, 2007, p. 1231; PRUDÊNCIO, [ca.1979], p. 11; SILVA, P. F. A., 1995, p. 50).

Na etapa de desfôrma, um dos problemas que pode ocorrer é aderência da fôrma ao concreto, devido à pressão, rugosidade e porosidade das fôrmas. Isso traz danos à superfície do concreto, sendo bastante perceptível quando da utilização de fôrmas de madeira, pouco percebido quando da utilização de fôrmas metálicas e praticamente nulos no caso de fôrmas plásticas ou resinadas (SILVA, P. F. A., 1995, p. 51).

Nos itens a seguir são descritas as características das diferentes fôrmas utilizadas para construção e acabamento em estruturas de concreto aparente.

¹⁰ AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Guide to cast-in-place architectural concrete practice**. Detroit: ACI, 1989.

3.3.1 Fôrmas Metálicas (Aço)

As fôrmas metálicas têm a vantagem de serem impermeáveis e proporcionarem um grande número de utilizações (superior a 500 vezes, para compensar o seu custo), porém, sua aderência ao concreto, ainda que menor que no caso de fôrmas de madeira, pode fazer com que uma película de concreto seja removida na hora da desfôrma. Por isso, é recomendado o uso de desmoldante, diminuindo a aderência entre os materiais e a probabilidade da fôrma ficar aderida à superfície de concreto (SILVA, P. F. A., 1995).

Quanto à superfície resultante do emprego de fôrmas de aço, a textura obtida é compacta e a coloração é constante, porém bolhas são inevitáveis e as juntas são de difícil camuflagem, tornando-se bastante visíveis. Entretanto, o emprego deste tipo de fôrma permite a redução do número de juntas (MOREIRA, 1991, p. 34; SILVA, P. F. A., 1995, p. 56). Ao mesmo tempo, um maior cuidado deve ser tomado em relação à este tipo de fôrma, pois são afetadas pela corrosão ao longo do tempo, aumentando sua aderência ao concreto e podendo gerar manchas em sua superfície.

3.3.2 Fôrmas de Madeira

Segundo Silva (P. F. A., 1995), a madeira pode ser utilizada como tábuas serradas de toras ou placas compensadas (industrializadas, formadas por um número ímpar de lâminas coladas à pressão e altas temperaturas através de resinas sintéticas), possuindo geralmente uma vida útil curta, sendo difícil prever o número de reutilizações.

O número de utilizações pode gerar grande variação na coloração da superfície do concreto aparente. À medida que vão sendo utilizadas, tornam-se menos permeáveis (no caso de fôrmas absorventes, como tábuas serradas) devido à colmatação de seus poros, absorvendo menor quantidade de água da superfície do concreto, deixando-o com uma maior relação a/c e mudando sua cor gradualmente na proporção do número de utilização dessas fôrmas (SILVA, P. F. A., 1995).

Uma das maneiras de aumentar a uniformidade da cor da superfície é a utilização de compensados revestidos superficialmente com pintura (resina fenolformaldeído) ou com revestimento de resina poliéster reforçada com fibra de vidro, aumentando assim a

durabilidade da madeira, uma vez que esses revestimentos ajudam a impedir a degradação biológica e diminuem a absorção de água do concreto Além disso, deve-se haver o cuidado para não misturar fôrmas novas com velhas em um mesmo elemento estrutural, pois é provável que haja diferença de coloração (CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION¹¹, 1989 apud SILVA, P. F. A., 1995).

Silva (P. F. A., 1995, p. 55) conclui:

Baseado no exposto pode-se concluir que, para se obter um concreto com coloração uniforme é essencial usar uma fôrma de baixa permeabilidade. Entretanto, a fim de evitar uma superfície “pintadinha”, o material da fôrma não deve ser liso ou polido. Quando se utilizar fôrmas absorventes ou semi-absorventes, estas deverão ser saturadas de água 24 horas antes da concretagem.

Os itens a seguir descrevem as características de dois tipos de compensado, o resinado e o plastificado.

3.3.2.1 Fôrmas de Compensado Resinado

Fôrmas de compensado resinado são chapas produzidas com lâminas de madeira, coladas com resina fenólica à prova d'água, tendo sempre um número ímpar de camadas e podendo ser formado por duas camadas com cola e uma sem cola ou três camadas com cola e duas sem cola (COMPENSADOS TREVO, 2013). São selados com tinta impermeável (GRUPO MONTARE COMPENSADOS, 2013; PALMASOLA SA, 2013) e os produtos disponíveis no mercado resistem, em torno de quatro utilizações (de cada lado) (COMPENSADOS TREVO, 2013; GRUPO MONTARE COMPENSADOS, 2013; PRIMEWOOD COMPENSADOS, c2012; ROCAELI COMPENSADOS, 2013).

3.3.2.2 Fôrmas de Compensado Plastificado

Assim como as fôrmas de compensado resinado, fôrmas de compensado plastificado são chapas produzidas com lâminas de madeira, coladas com resina fenólica à prova d'água, tendo sempre um número ímpar de camadas, diferindo do compensado resinado por possuir o revestimento de um filme fenólico e bordas seladas com tinta impermeabilizante. O número

¹¹ CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION. **Recommendations for the production of high quality concrete surface**. London: 1989.

de utilizações para este tipo de fôrma é bem variável no mercado, resistindo geralmente a mais de dez utilizações (cinco de cada lado) segundo os fabricantes, número determinado principalmente pela gramatura do filme fenólico presente no compensado. Também segundo os fabricantes, é o tipo de fôrma recomendado para a execução de estruturas em concreto aparente (COMPENSADOS TREVO, 2013; GRUPO MONTARE COMPENSADOS, 2013; PALMASOLA SA, 2013).

3.4 DESMOLDANTES

Segundo Silva (P. F. A., 1995), para cada tipo de fôrma é recomendada a utilização de determinado desmoldante. Os desmoldantes devem ser utilizados cuidadosamente, de forma a resultar uma cama de fina espessura, para evitar que ocorram zonas claras ou escuras na superfície de concreto, devido à sua falta ou excesso. Sua aplicação deve ser feita sempre em uma superfície limpa e livre de resíduos.

3.4.1 Desmoldantes em Óleo Puro

São compostos por óleo puro, sem aditivo, não sendo recomendado para concreto aparente e contribuindo para a formação de bolhas (SILVA, P. F. A., 1995).

3.4.2 Desmoldantes em Óleo com Aditivo Tensoativo

São compostos por óleo com aditivo tensoativo (2%), tendo como vantagem reduzir a incidência de bolhas superficiais no concreto e poder ser usado para todos os tipos de fôrma. (SILVA, P. F. A., 1995).

3.4.3 Emulsão em Óleo

Esse tipo de desmoldante tem como vantagem a redução da incidência de bolhas superficiais no concreto e é especialmente indicado para fôrmas absorventes, podendo ser utilizados para todos os tipos de fôrma, exceto as de aço. Como recomendações de utilização, deve-se

misturar bem antes de usar, e aplicar com pincel ou rolo (SILVA, P. F. A., 1995). É indicado para superfícies de concreto aparente, e sua diluição depende do tipo de fôrma a ser aplicado (madeira bruta e fôrmas resinadas ou compensados e fôrmas plastificadas). Após os desmoldantes diluídos em água, estes são os mais comumente encontrados no mercado (SIKA, 2014; VEDACIT, 2014).

3.4.4 Emulsão em Água

Este tipo de desmoldante não é o mais recomendado para concreto aparente (SILVA, P. F. A., 1995). Em relação aos produtos encontrados no mercado, esse é o desmoldante mais comumente vendido e usado, sendo indicado para fôrmas de madeira e compensados comuns ou resinados, permitindo um grande aproveitamento das mesmas. Também proporcionam superfícies livre de manchamentos e de fácil limpeza e remoção das fôrmas, sem danificá-las. Sua diluição depende do tipo de fôrma a ser aplicado, variando de 1:3 a 1:10 partes de desmoldante em relação à água. (BASF, 2014; SIKA, 2014; VEDACIT, 2014)

3.4.5 Químico

Quanto aos desmoldantes químicos, são ideais para fôrmas impermeáveis, reduzindo a incidência de bolhas. Após aplicados, secam sobre a fôrma. Pode ser aplicado por meio de spray ou esfregando-o na fôrma (não utilizar pincel), cuidando para evitar camadas grossas, pois podem retardar a pega (SILVA, P. F. A., 1995). Existem alguns produtos no mercado, sendo indicados para o concreto aparente e peças pré-moldadas, não manchando o concreto e minimizando o trabalho de limpeza das fôrmas. Quanto à forma de utilização, deve ser aplicado com auxílio de uma espuma ou estopa (VEDACIT, 2014).

4. PROJETO, PROCESSO EXECUTIVO E DEFEITOS SUPERFICIAIS

Neste capítulo são abordados os detalhes de projeto e os procedimentos executivos a serem adotados e levados em conta em relação ao uso do concreto aparente.

4.1 PROJETO

Em relação ao projeto estrutural de armaduras, segundo Silva (P. F. A., 1995, p. 102):

Deve-se evitar o congestionamento de barras, pois caso contrário pode haver um peneiramento do concreto, através da ferragem. Muitas vezes, por desconhecimento ou insegurança, se superdimensiona a armadura e com isso cria-se uma zona não homogênea de concreto, pois encontra-se dificuldades para lançar e adensar o mesmo.

Em relação ao cálculo estrutural, é importante considerar que os elementos que ficaram expostos atendam à mínima fissuração possível, não devendo ultrapassar 0,1 mm, sendo incluídas as fissuras devidas às tensões provocadas por variações térmicas ou de umidade. Assim, na modelagem matemática da estrutura, deve-se respeitar as condições de compatibilidade a fim de não induzir fissuras (SILVA, P. F. A., 1995). O autor ainda recomenda que haja compatibilidade entre os projetos estruturais e de instalações com passagens para tubulações. O projetista estrutural também deve especificar a resistência mínima para liberação da desfôrma.

Quanto ao cobrimento do concreto, que tem a função de dar proteção física às armaduras e evitar a carbonatação do concreto e corrosão das armaduras, mantendo o pH sempre elevado, sua espessura deve ser levada em conta quanto ao tipo de concreto utilizado. Essa espessura depende de fatores como a “[...] permeabilidade da camada de superfície do concreto, do meio em que está inserida, do diâmetro da barra de aço, da dimensão máxima do agregado e também do microclima.” (SILVA, P. F. A., 1995, p. 82). Ao mesmo tempo, o autor afirma que o excesso de cobrimento pode levar à abertura de fissuras, devendo estar as barras de aço próximas da superfície do concreto. Na tabela 2 pode-se ver o recobrimento de armadura necessário para cada elemento de concreto armado de acordo com a classe de agressividade ambiental.

Tabela 2 – Recobrimento de armadura para o concreto armado de acordo com o elemento e a classe de agressividade ambiental de acordo com a NBR 6118

Classe	Elemento	Cobrimento
I	Laje	20 mm
	Viga/Pilar	25 mm
II	Laje	25 mm
	Viga/Pilar	30 mm
III	Laje	35 mm
	Viga/Pilar	40 mm
IV	Laje	45 mm
	Viga/Pilar	50 mm

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 20)

4.2 PROCESSO EXECUTIVO

Segundo Silva (P. F. A., 1995), “O resultado final do concreto executado, quando ele é aparente, depende de treinamento, responsabilidade e entusiasmo do engenheiro, mestre e operários.”. Porém, ao mesmo tempo, devido à alta rotatividade de mão de obra no mercado da construção civil isso se torna complicado. A seguir, são elencados os cuidados executivos a serem adotados, em vista a obter-se um concreto aparente de melhor qualidade superficial.

4.2.1 Fôrmas

Em relação às juntas entre placas de compensado, uma das sugestões de Silva (P. F. A., 1995), é a utilização de arestas chanfradas e fita de vedação, como a espuma de poliuretano. As juntas devem ocorrer no menor número possível e serem estanques, sob pena de ocorrer a fuga de pasta e argamassa, gerando rebarbas na superfície de concreto.

Para a liberação da concretagem, segundo Silva (P. F. A., 1995), devem ser feitas as seguintes verificações da fôrma:

- a) verificar as dimensões da fôrma, de acordo com as tolerâncias adotadas;
- b) travamento e estanqueidade;
- c) limpeza interna;
- d) aplicação do desmoldante;

- e) juntas entre chapas de compensado;
- f) acompanhamento da deformação da fôrma no momento da concretagem.

4.2.2 Aplicação Desmoldante

Para a aplicação do desmoldante, antes é necessário verificar a limpeza da fôrma (pó, ferrugem, impurezas) assim como a limpeza de pincéis e rolos (quando utilizados). O ideal, é que antes da utilização do desmoldante, ele seja testado, a fim de observar a formação de bolhas superficiais, impregnações ou até mesmo lascamento das superfícies de concreto aparente.

4.2.3 Armadura

Segundo Isaia (1988), o posicionamento da armadura deve ser feito de acordo com o indicado em projeto e permanecer o mesmo durante e após a concretagem, mantendo-se as distâncias de barras entre si e a face interna da fôrma, sendo essas distâncias garantidas por meio da utilização de espaçadores, resultando assim no cobrimento mínimo. Os espaçadores podem ser tanto de tacos de argamassa, metálicos ou plásticos.

4.2.4 Lançamento e Adensamento do Concreto

Segundo Silva (P. F. A., 1995, p. 121), “Os aspectos mais importantes no lançamento do concreto são evitar a segregação dos constituintes do concreto, danificação da superfície da fôrma, a formação de bolhas de ar e a remoção da película desmoldante devido ao atrito do concreto com a fôrma.”. Ainda segundo o autor, no caso de elementos com altas taxas de armadura, devem ser adotados cuidados especiais, de modo a evitar a desagregação do concreto devido ao seu peneiramento, perda de plasticidade ou ainda incorporação de ar, sugerindo-se que haja abertura suficiente entre as barras ou o concreto tenha fluidez suficiente. Também é recomendado por Silva (P. F. A., 1995) que a altura de lançamento não ultrapasse 3 m, e, se excedida ou a concretagem se der sobre superfície endurecida (no caso de pé de pilares), deve-se fazer a utilização de um funil ou tubo para auxiliar no lançamento.

Para evitar que as bolhas de ar fiquem aprisionadas nas camadas de concreto, deve-se lançar o concreto em camadas uniforme, respeitando a espessura menor ou igual a 3/4 da altura da agulha do vibrador, uma vez que, depois de compactada a camada superior fica difícil as bolhas de ar escaparem da camada inferior (CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION¹², 1989 apud SILVA, P. F. A., 1995).

Silva (P. F. A., 1995, p. 121) ainda destaca que:

As camadas devem ser dispostas de tal forma que apresentem antes do adensamento maior altura junto às paredes e arestas das fôrmas, evitando-se assim zonas inclinadas para as extremidades das peças, que favorecem o acúmulo de água exsudada ou segregação de agregados graúdos, pasta ou argamassa.

Segundo Silva (P. F. A., 1995, p. 123), “O intervalo de lançamento entre uma camada com relação à imediatamente inferior, não deverá ser maior que duas horas.”. Ainda segundo o autor, seguindo as recomendações já descritas anteriormente, a homogeneidade, continuidade e compacidade final dependem apenas do correto adensamento do concreto.

Em relação ao adensamento, este procedimento deve ser executado durante e imediatamente após o lançamento do concreto, tendo o objetivo de eliminar o ar aprisionado (pois reduz a resistência do concreto) e não utilizando o vibrador para espalhar o concreto (BULETIN D’ INFORMATION DU COMITE EUROPEEN DU BETON¹³, 1989 apud SILVA, P. F. A., 1995, p. 124).

Quanto à utilização do vibrador de imersão, este deve possuir alta frequência (em torno de 8000 rpm) e deve ser introduzido na vertical, de modo a não encostar nas fôrmas. Isso se deve ao fato de danificar as fôrmas e acumular bolhas de ar no local, além de uma camada de argamassa mais espessa (SILVA, P. F. A., 1995).

Para evitar que se formem linhas escuras entre as camadas de concreto, o vibrador deverá penetrar entre 15 a 20 cm na camada inferior já adensada. Para Silva, (P. F. A., 1995, p. 124) “O tempo de vibração varia de 11 a 30 segundos, sendo que a mesma só deve ser encerrada quando cessar a saída de bolhas graúdas de ar [...]”.

¹² CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION. **Recommendations for the production of high quality concrete surface**. London: [s. n], 1989.

¹³ BULETIN D. INFORMATION DU COMITE EUROPEEN DU BETON. **Durable concrete structure design guide**. Lausanne, 2 ed., n. 182, 1989.

4.2.5 Desfôrma

Segundo Silva (P. F. A., 1995, p. 109), “A desfôrma deve ser programada de maneira que ocorra na mesma idade para todo o concreto aparente, a fim de evitar diferenças na cor devidas a prazos desiguais no mesmo elemento.”. Deve-se também, esperar tempo suficiente antes da remoção da fôrma, para que o concreto tenha atingido a resistência necessária para suportar a remoção das mesmas, dependendo também do elemento estrutural e do tipo de fôrma utilizado.

4.3 DEFEITOS SUPERFICIAIS

Neste item é abordado o conceito de defeito para o concreto aparente e os diferentes tipos de defeitos superficiais que ocorrem nesse tipo de estrutura.

4.3.1 CONCEITO

O conceito de defeitos é algo subjetivo para um concreto aparente, uma vez que pode ser idealizado como possuindo uma superfície lisa, homogênea e uniforme, assim como ter o aspecto de um material bruto, com suas imperfeições contrastando com outros tipos de acabamento. Dessa forma, há autores que defendem que em vez de eliminar esses defeitos, o que deve ser feito é controlá-los. A questão da percepção do defeito é também subjetiva, pois dependendo da distância em que o observador se encontra da estrutura, o defeito pode ser notado ou acabar sendo imperceptível (MOREIRA, 1991, p. 50, tradução nossa).

Segundo Moreira (1991, p. 50, tradução nossa), “Na caracterização e definição dos defeitos e suas causas, engloba-se todo o tipo de irregularidades, desde variações de cor, tonalidades, bolhas de ar, orifícios, protuberâncias, etc. que podem aparecer nas superfícies de concreto.”.

4.3.2 TIPOS DE DEFEITOS

Os defeitos superficiais do concreto aparente podem aparecer de diversas formas. São citados a seguir os principais defeitos a que uma estrutura de concreto aparente está sujeita, assim como suas prováveis causas, dentro do contexto deste trabalho.

4.3.2.1 Bolhas de Ar

Segundo Moreira (1991, p. 50, tradução nossa), a presença de bolhas de ar é um dos defeitos mais comuns, e consiste no aparecimento de pequenas reentrâncias, em geral de forma circular, com seu tamanho variando de 5 mm a 20 mm. Essas bolhas de ar são originadas no ar que fica retido junto à pasta do concreto, que acaba migrando para a interface da fôrma, ficando ali preso até a desfôrma do concreto.

Como causas ao aparecimento de bolhas de ar, são citadas (MOREIRA, 1991, tradução nossa):

- a) a quantidade de água utilizada, podendo ser esta em excesso ou então a falta dela;
- b) os inertes não estarem totalmente envolvidos pelo ligante, devido a fenômenos capilares no caso de areias muito finas, neutralidade química ou até água em excesso;
- c) o tipo de fôrma utilizado.
- d) mudanças de plano.

As bolhas de ar, dependendo da distância, podem se tornar imperceptíveis. Porém, são um dos defeitos mais difíceis de eliminar, pois se formam logo após o endurecimento do concreto. Sabendo-se que essas bolhas podem abrigar e favorecer a proliferação de organismos, dependendo da função do concreto aparente, elas devem ser controladas (MOREIRA, 1991, tradução nossa). Segundo *Architectural Concrete*¹⁴ (1979 apud SILVA, P. F. A., 1995, p. 125), “As bolhas de ar devem ser preenchidas com uma fina camada de argamassa superficial, a fim de melhorar a aparência.”.

¹⁴ ARCHITECTURAL Concrete. **Concrete Construction**, v. 24, p. 19-36, 1979.

4.3.2.2 Vazios

Vazios são considerados bolhas de ar com dimensões maiores. Nem sempre são esféricos, possuindo dimensão da ordem de 2 cm e profundidades variáveis, deixando, muitas vezes, agregados à vista. As causas são geralmente as mesmas das bolhas de ar, podendo ainda ter como origem concretos com falta de finos, fazendo com que os agregados não sejam totalmente envolvidos por esses finos (MOREIRA, 1991, p. 56-57, tradução nossa).

4.3.2.3 Textura Arenosa

Textura arenosa, segundo Moreira (1991, p. 57, tradução nossa), consiste no aparecimento do agregado miúdo na superfície do concreto aparente, ficando assim com textura arenosa. O principal condicionante para o aparecimento deste defeito é a quantidade de cimento presente no concreto, sendo que quanto maior for essa quantidade, menor é a possibilidade do aparecimento da textura arenosa. Essa textura faz com que o concreto diminua sua durabilidade, uma vez que fica mais sujeito à difusão de água e agentes agressivos.

4.3.2.4 Remoção da Camada Superficial

A remoção da camada superficial do concreto é um defeito que ocorre no momento da desmoldagem da estrutura de concreto, e consiste no arranque de películas de argamassa de sua superfície, devido a uma maior força de ligação entre fôrma e essa película do que essa película e o resto do elemento de concreto. Algumas das principais causas do aparecimento deste problema é o fato de não usar desmoldante e uma quantidade excessiva de reutilizações da fôrma, também tendo como grande influência o tipo de fôrma utilizado (MOREIRA, 1991, p. 59, tradução nossa). Quando fôrma (MOREIRA, 1991, tradução nossa):

- a) de aço: perda de calor através do metal reduz a resistência da argamassa, favorecendo o aparecimento do descasque;
- b) de madeira: a aderência da argamassa à fôrma aumenta devido ao seu relevo e a troca de umidade entre concreto e madeira, gerando conseqüentemente o descasque;
- c) plástica: há risco de descasque devido ao não uso de desmoldante nesse tipo de fôrma (logo, aumenta a aderência entre fôrma e concreto).

Também têm influência a composição do concreto e a porosidade das fôrmas utilizadas (MOREIRA, 1991, p. 59-60, tradução nossa).

4.3.2.5 Incrustações

Nas incrustações há o aparecimento de pedaços da fôrma na superfície do concreto, ocorrendo geralmente quando usadas fôrmas de madeira. Pode ser decorrente dos danos sofridos pela fôrma quando há um número demasiado de reutilizações da mesma. Ocorre quanto mais rico for o concreto (camada superficial resistente) e mais frágil for o material da fôrma (MOREIRA, 1991, p. 62).

4.3.2.6 Fissuração

Fissuração é o aparecimento de pequenas aberturas na superfície do concreto, podendo se manifestar de diversas formas (horizontal, inclinada, mapeada). Deve ser evitada, mas caso ocorra, é desejável que seja na menor dimensão possível.

Uma das causas desse tipo de defeito é a retração do concreto, estando relacionada com a relação água/cimento e sendo inversamente proporcional à quantidade de finos em sua composição. Outra possível causa da fissuração é a carbonatação, devido às reações químicas entre o CO₂ e os componentes básicos do concreto (MOREIRA, 1991, p. 63). Segundo Pini (2003), a abertura de fissuras não deve ultrapassar a marca de 0,2 mm em estruturas de concreto aparente, de modo a garantir uma boa qualidade.

4.3.2.7 Riscos

Risco é um defeito dependente das fôrmas, tendo origem no momento da desfôrma da estrutura devido a algum objeto preso a essa fôrma (MOREIRA, 1991, p. 63).

4.3.2.8 Manchas

Mancha é um defeito que pode ser subdividido em variação de tons e variações pontuais de cor.

4.3.2.8.1 *Variação de Tons*

Segundo Moreira (1991, p. 64-65, tradução nossa), “Este defeito consiste em variações de tonalidade nas superfícies das estruturas de concreto aparente.”. Em alguns casos, pode-se ter até a cor preta nesses manchamentos.

Como causas, ainda segundo Moreira (1991) pode-se ter:

- a) utilização de agregados e cimentos de má qualidade e composição não uniforme;
- b) absorção da água pelas fôrmas reduzindo o fator água/cimento da superfície, dando origem a uma tonalidade mais escura, principalmente nos casos em que a fôrma é de madeira;
- c) sujidade de fôrmas ou utilização simultânea de fôrmas distintas;
- d) vibração excessiva ou de maneira não uniforme.

4.3.2.8.2 Variações Pontuais de Cor

Segundo Moreira (1991, p. 65, tradução nossa), “São variações pontuais de tonalidade que podem ter como origem alguns agregados, tendo como consequência manchas escuras ao longo de uma superfície com forma e tamanho semelhantes. Podem, no entanto, não retratar a forma dos agregados em geometria e tamanho.”.

5 PARÂMETROS E ENSAIOS

Neste capítulo é dada ênfase para os parâmetros que são analisados no trabalho bem como é realizada sua determinação através de ensaios de laboratório.

5.1 RESISTÊNCIA

Segundo Mehta e Monteiro (1994, p. 44), “A **resistência** de um material é definida como a capacidade de este resistir à tensão sem ruptura.”. A resistência é a propriedade geralmente especificada nos projetos, uma vez que, se comparada com outras propriedades, é uma das mais simples de ser ensaiada e proporciona correlações com outras características do concreto. Ao se projetar estruturas, esse valor especificado corresponde a um nível de confiança de 95%. Assim, durante a construção de uma estrutura de concreto armado, deve-se verificar esse valor através de ensaios de resistência à compressão, para ver se atingiu os valores mínimos especificados em cálculo, garantindo assim sua segurança. O ensaio de resistência à compressão aos 28 dias é o ensaio de caracterização do concreto mais aceito universalmente (ANDRADE; HELENE, 2007, p. 930; MEHTA; MONTEIRO, 1994, p. 44).

Segundo Andrade e Helene (2007, p. 931):

A qualidade potencial do concreto depende da relação água/cimento e do grau de hidratação. São esses os dois principais parâmetros que regem as propriedades de absorção capilar da água, de permeabilidade por gradiente de pressão de água ou de gases, da difusividade da água ou dos gases, de migração elétrica de íons, assim como, todas as propriedades mecânicas, tais como: módulo de elasticidade, resistência à compressão, à tração, fluência, relaxação, abrasão e outras.

Segundo Mehta e Monteiro (1994, p. 48), o teor de ar incorporado é, na maioria dos casos, determinado pelo fator água/cimento. Quanto maior for o teor de ar incorporado ao concreto, maior é a sua porosidade e, menor, sua resistência.

5.2 PERMEABILIDADE

Segundo Mehta e Monteiro (1994, p. 124) a taxa de fluxo de um fluido para o interior de um sólido poroso é definida como permeabilidade. O coeficiente de permeabilidade (K), quando há um fluxo contínuo, é obtido através da expressão de Darcy:

$$dq / dt = K. \Delta H.A / L\mu \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

K = coeficiente de permeabilidade (cm/s);

dq / dt = taxa do fluxo de fluido;

μ = viscosidade do fluido (cm²/s);

ΔH = gradiente de pressão (cm);

A = área da superfície (cm²);

L = espessura do sólido (cm).

Quanto aos fatores que influenciam na permeabilidade, destacam-se, segundo Nepomuceno (2005), os materiais constituintes (relação água/cimento, consumo de cimento, dimensão máxima dos agregados, teor de finos, etc.), idade e tipo de cura do concreto, assim como as condições de ensaio.

Além do teste de permeabilidade para a água líquida, é possível realizar o teste para gases ou vapor de água, apresentando, porém, um coeficiente de permeabilidade muito menor se comparado à água líquida (MEHTA, MONTEIRO 1994, p. 124).

Através de ensaios de absorção da água por capilaridade, pretende-se fazer a sua correlação com a susceptibilidade da passagem de agentes agressivos, bem como as relacionar com algumas características do concreto submetido ao ensaio (resistência e tipo de cimento) verificando assim a influência desses parâmetros em relação à durabilidade desse concreto. Ainda a partir desse ensaio, pode-se inferir a qualidade estética futura desse concreto aparente. O item a seguir explicita um dos tipos de ensaios de absorção.

Segundo Hattge (2004, p. 76), o método do cachimbo é um ensaio elaborado pela CSTC – *Centre Scientifique et Technique de La Construcion*, instituto belga de informação e pesquisa

científica aplicada para o setor da construção civil. O objetivo deste método de ensaio é determinar em laboratório ou *in loco* a capacidade impermeabilizante de uma superfície através de sua capacidade de absorção de água.

Para isso, é utilizada de uma coluna de água de 92 mm, correspondente à ação estática de um vento de cerca de 140 km/h, que pode ser calculada pela fórmula 3:

$$Q = 0,625 \cdot v^2 \quad (\text{fórmula 2})$$

Onde:

Q = pressão estática do vento (Pa);

V = velocidade do vento (m/s).

Este tipo de ensaio é usado principalmente para:

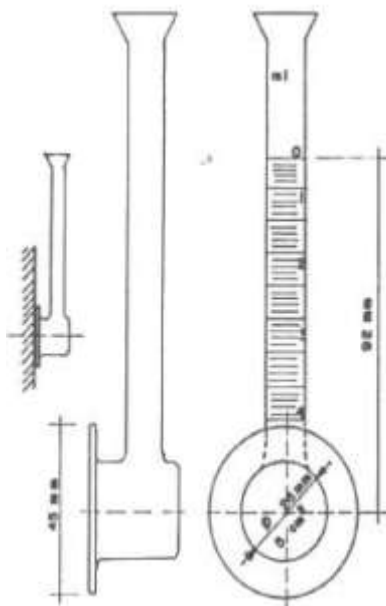
- a) avaliação da capacidade impermeabilizante de um revestimento ou superfície de um material;
- b) avaliação da durabilidade do revestimento ou superfície de um material, comparando com sua capacidade impermeabilizante;
- c) comparação da capacidade impermeabilizante para diferentes revestimento ou superfícies de diferentes materiais.

Para a confecção do ensaio, são utilizados os seguintes aparelhos:

- a) um cachimbo de vidro com volume de água de 4,00 cm³, conforme a figura 2;
- b) uma pisseta plástica com capacidade de 500 ml;
- c) um cronômetro.

Para garantir a fixação do cachimbo junto à superfície ensaiada, deve-se fazer sua fixação de modo a ficar estanque, utilizando para isso mastique ou silicone.

Figura 2 – Cachimbo de vidro conforme especificação do CSTC



(fonte: CENTRE SCIENTIFIQUET ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCION¹⁵, 1982 apud HATTGE, 2004, p. 77)

¹⁵ CENTRE SCIENTIFIQUET ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCION. **Hydrofuges de surface**: choix et mise em oeuvre. Bruxelles: 1982.

6 DESCRIÇÃO DA EXECUÇÃO DO EMPREENDIMENTO E ENSAIOS IN LOCO

Conforme explicitado nos capítulos anteriores, o concreto aparente apresenta vários fatores que influenciam tanto na durabilidade do material quanto o seu aspecto estético. Este capítulo detalha os problemas e as soluções encontradas quando da execução deste tipo de estrutura, explicitando os gargalos e oportunidades desse material em relação ao projeto, materiais empregados e execução, em relação aos resultados de ensaios obtidos e de sua superfície final.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO ANALISADO

A obra estudada no presente trabalho é de uma construtora de grande porte, situada na cidade de Porto Alegre. A edificação analisada no estudo é um empreendimento residencial, composto por três torres, sendo uma torre de dezoito, e as outras duas de dezesseis pavimentos, mais área de lazer. As torres são compostas por três subsolos, reservados para vagas de estacionamento e algumas áreas comuns, térreo e pavimento tipo. No térreo estão localizadas as áreas comuns, lazer e unidades habitacionais. O pavimento tipo é formado por quatro unidades habitacionais, de cerca de 70 m² de área privativa.

O sistema estrutural do empreendimento é composto por concreto armado e concreto aparente, moldados in loco. O concreto aparente se faz presente nos pilares internos dos apartamentos e nas lajes (teto). O sistema de vedação entre unidades habitacionais é de alvenaria de blocos cerâmicos assentados em argamassa, sendo as divisórias internas dos apartamentos de gesso acartonado, a critério do cliente. O revestimento de piso dos apartamentos é em contrapiso de cimento queimado e, nas áreas molhadas, cerâmico. As paredes são revestidas com argamassa e pintura, exceto nos locais em concreto aparente e o fechamento vertical externo é em concreto e esquadrias.

A fachada é revestida por argamassa e placas cimentícias. O sistema de fôrmas adotado é autotrepante, para os pilares parede externos e trepante, para os pilares internos. Na figura 3 pode-se ver a maquete digital das edificações da obra acompanhada.

Figura 3 – Maquete digital da edificações objeto do estudo



(fonte: LOPES CONSULTORIA IMOBILIÁRIA, 2014)

6.2 PROJETO

Através da análise dos projetos arquitetônico, de estrutura, hidrossanitário e de climatização, foi possível determinar as modificações necessárias decorrente da utilização do concreto aparente.

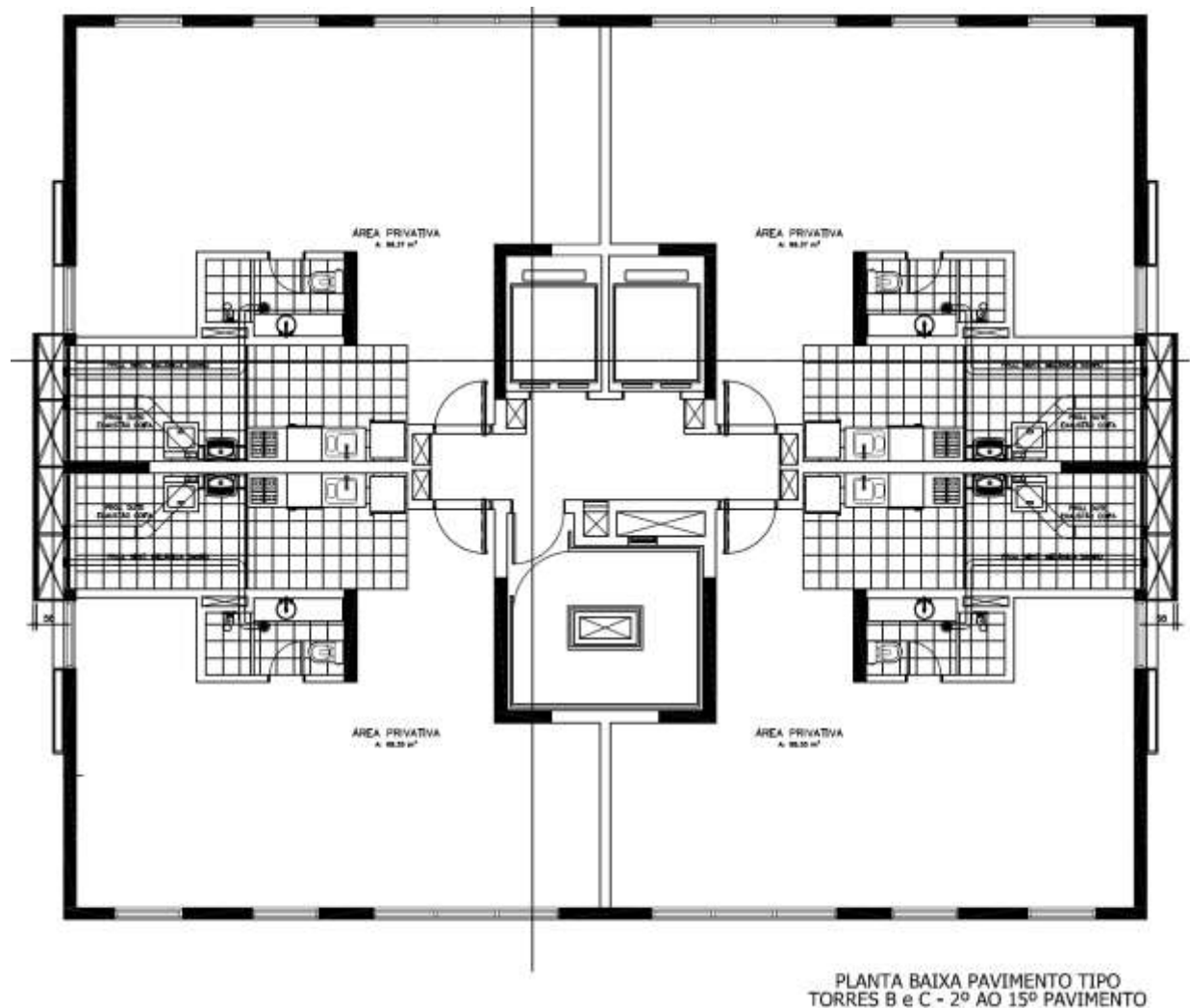
6.2.1 Arquitetura

A arquitetura do empreendimento propõe apartamentos com elementos em concreto aparente paginado, sendo eles a laje (no caso, o teto dos apartamentos) e os pilares internos que dividem banheiro e sala. Os únicos locais da laje que não contam com concreto aparente são nas áreas de serviço e banheiros, onde há forro em gesso acartonado, devido à necessidade de ocultar as instalações hidráulicas e de exaustão, assim como abafar o eventual ruído das mesmas. Há, portanto, uma limitação de caráter estético e de desempenho ao ruído que impede o uso do concreto aparente em determinados locais (internamente).

O projeto também propõe uma arquitetura livre, sem divisões internas especificadas em projeto além do banheiro e cozinha, deixando a cargo do cliente decidir com que cômodos será aproveitado a maior parte do espaço interno. Essas divisórias futuras são em gesso acartonado, o *drywall*.

A figura 4 apresenta a arquitetura do pavimento tipo.

Figura 4 – Planta baixa de arquitetura do pavimento tipo



(fonte: NEX GROUP, 2014)

Pode-se notar que os pilares internos que dividem sala e banheiro ficam com uma das faces situadas em uma zona de umidade, podendo ali haver grandes variações de umidade e também água condensada na face do pilar. Logo, o ambiente consiste em um local com certa agressividade, ainda que não esteja localizado em meio externo.

6.2.2 Estrutura

O projeto de estruturas está dividido em fôrmas e detalhamento de armaduras, os quais são analisados em virtude do concreto aparente.

A estrutura do empreendimento foi pensada de tal forma a favorecer o concreto aparente nos ambientes internos dos apartamentos. Sendo assim, para a obtenção de uma laje paginada, foi necessária a eliminação das vigas internas, tendo então todo o teto das unidades habitacionais plano e paginado e vigas na periferia da edificação e na circulação.

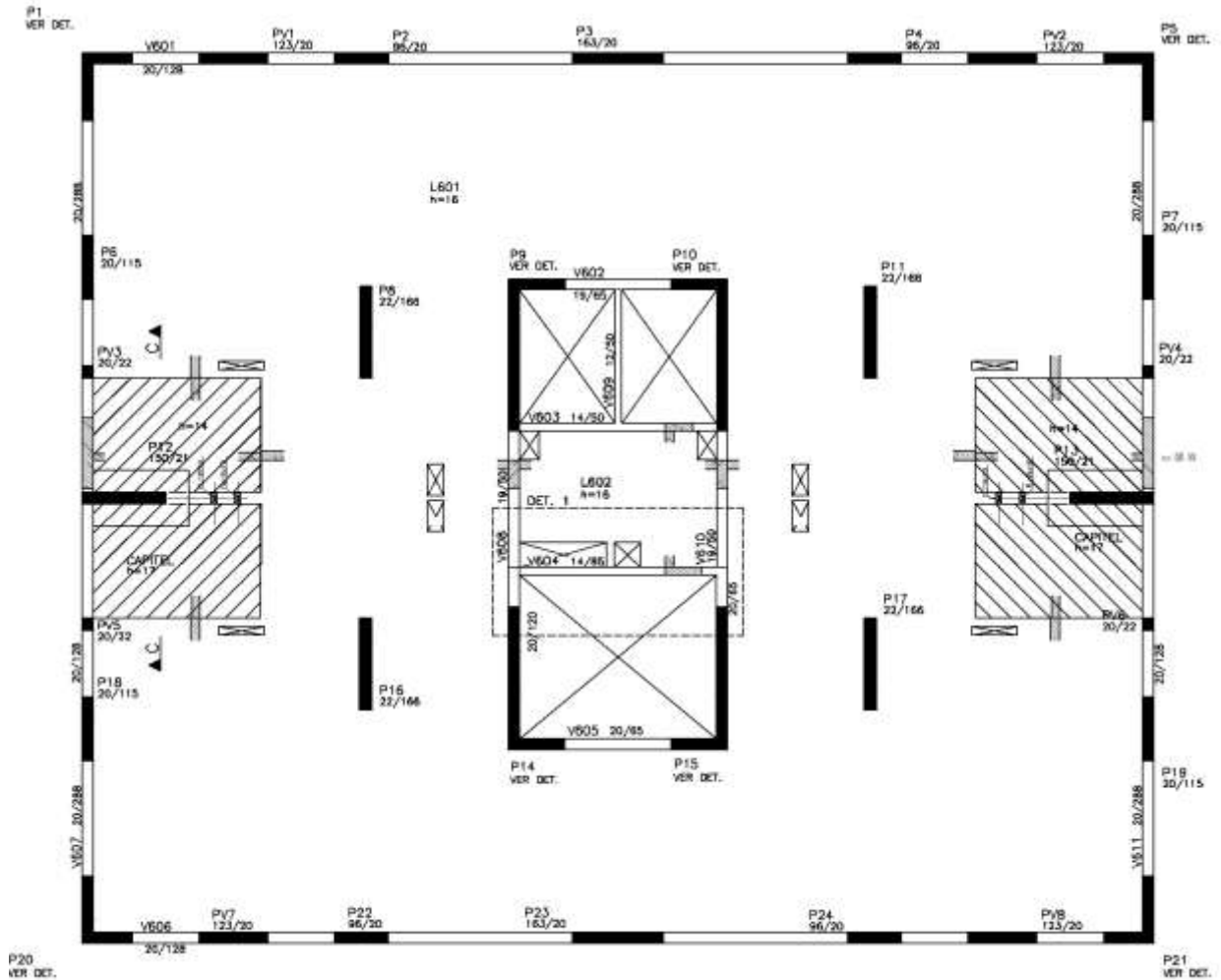
Para a eliminação das vigas internas ser possível, foi necessário a criação de pilares parede e vigas em toda a parte externa da edificação, juntamente com os pilares internos de grande dimensão. Ao mesmo tempo, fez-se necessário o aumento da espessura da laje, ficando com 16 centímetros.

Outra razão para a estrutura externa (paredes) ser totalmente em concreto foi o revestimento de fachada e o sistema de fôrmas a ser adotado, as fôrmas autotrepantes (será detalhada posteriormente). Com esse tipo de fôrma, é possível executar a estrutura e, ao mesmo tempo, nos andares inferiores já concretados, arrematar a estrutura e executar o revestimento final de fachada.

6.2.2.1 Fôrmas

Na figura 5, pode-se ver a estrutura do pavimento tipo, com vigas somente no núcleo da edificação, onde estão localizados o elevador e a escada, e na periferia, acima das janelas. Na imagem também pode-se notar um rebaixo na área dos banheiros, em virtude da impermeabilização do local.

Figura 5 – Projeto de fôrma do pavimento tipo



(fonte: NEX GROUP, 2014)

6.2.2.2 Armadura

A armadura especificada em projeto é composta pelo aço CA-50, em sua maioria, e CA-60, em sua minoria.

6.2.2.2.1 Pilares

Para os pilares são adotadas barras que vão da bitola de 10 mm até 16 mm (armadura principal), a partir do pavimento térreo. Em relação ao uso de espaçadores, o projeto recomenda a utilização de espaçadores modelo CT-25 (multi apoio) ou similar posicionado nos estribos, para garantir a espessura de cobrimento através de uma maior área de apoio do espaçador. Nota-se que este tipo de espaçador é incomum para pilares, sendo usualmente

utilizado em vigas. Assim, foi adotado o modelo S (circular) pela obra, de 25 mm, correspondendo a uma classe de agressividade ambiental I da NBR 6118.

6.2.2.2.2 Vigas

Para as vigas são adotadas barras que vão da bitola 6,3 mm até 20 mm para a armadura principal (positiva e negativa). Em relação ao uso de espaçadores, é recomendada a utilização de modelos que garantam a espessura de cobrimento de 25 mm, sendo estes fixados nos estribos. Este recobrimento corresponde à classe de agressividade ambiental I da NBR 6118.

6.2.2.2.3 Lajes

Para as lajes são adotadas barras que vão da bitola de 5 mm até 12,5 mm. Devido à ausência de viga entre os pilares centrais dos apartamentos, é utilizada uma armadura de punção para garantir os esforços decorrentes da união pilar-laje. É adotado um cobrimento de 20 mm para as armaduras negativas e positivas. Este cobrimento corresponde à classe de agressividade ambiental I da NBR 6118.

6.2.3 Hidrossanitário

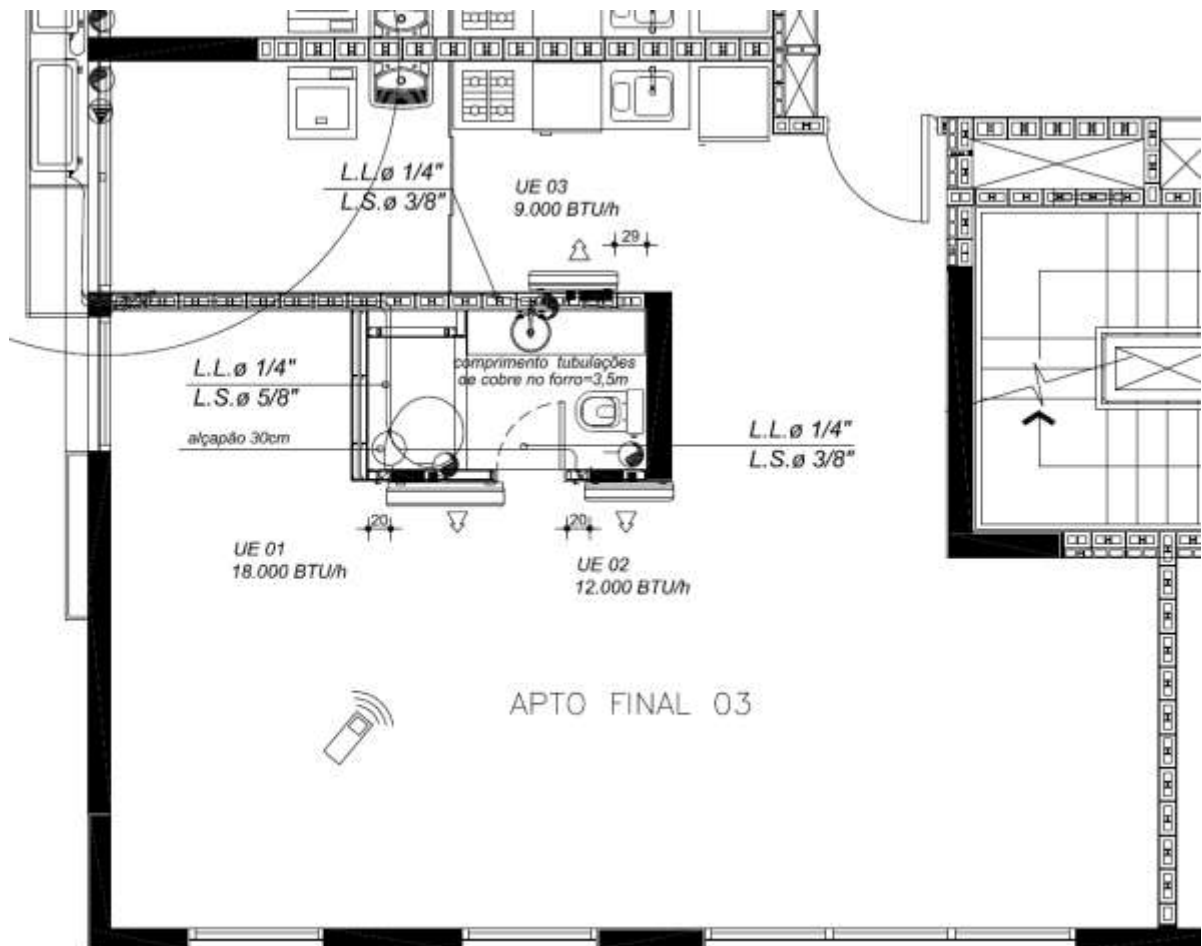
As tubulações hidrossanitárias dos apartamentos estão localizadas nos banheiros, cozinha e área de serviço. Com a utilização do concreto aparente, houve o conflito entre esconder as tubulações com forro ou desviá-las, de modo a manter o padrão estético (paginação) do teto do apartamento. Dessa forma, optou-se por desviar as tubulações de água e esgoto da cozinha pela alvenaria, estendendo-se até o *shaft* da área de serviço, onde estão as colunas de água e esgoto, mantendo assim o concreto aparente naquela região. Para isso, foi necessário eliminar as caixas de gordura dos apartamentos, sendo proposta uma caixa de gordura geral para a edificação.

6.2.4 Climatização

Em virtude da utilização do concreto aparente, a posição dos aparelhos de ar condicionado ficou limitada, devido à necessidade de se esconder as linhas de cobre e comunicação entre a evaporadora e a condensadora. Dessa forma, foi feita a passagem das linhas pela alvenaria entre a cozinha e banheiro e após, pelo forro do banheiro. Assim, as únicas localizações

possíveis para os aparelhos de ar condicionado são na parede em gesso acartonado que divide o banheiro dos outros ambientes, ficando cada esfera disposta de um dos lados da porta, e na parede em alvenaria da cozinha. A figura 6 apresenta o croqui que mostra essa situação.

Figura 6 – Croqui de climatização de um dos apartamentos do pavimento tipo



(fonte: NEX GROUP, 2014)

6.3 MATERIAIS

Os materiais são de suma importância tanto para a durabilidade quanto para a estética do concreto aparente. Assim, são analisados todos os componentes que de alguma forma influenciam durante a execução no aspecto final do concreto.

6.3.1 Armadura e Espaçadores

Apesar do concreto ser aparente, não foi utilizado nenhum tipo de aço especial para a montagem das armaduras, sendo a armadura de lajes, vigas e pilares composta pelo aço CA-50.

Para garantir o correto cobrimento das armaduras, de fôrma a não haver armadura exposta ou contato com as fôrmas, foram utilizados espaçadores plásticos do tipo circular, para os pilares e vigas, do tipo multi apoio para as vigas e do tipo cadeirinha para as lajes. Os tamanhos de espaçadores adotados para cada um desses elementos estão no quadro 2. Nota-se que para pilares e vigas (espaçadores tipo circular e multi apoio) o cobrimento corresponde a uma classe de agressividade ambiental I e para lajes (espaçadores tipo cadeirinha) classe II. Assim, adotou-se uma classe mais agressiva do que a recomendada pelo projeto (cobrimento de 20 mm) na especificação dos espaçadores de laje pela obra (cobrimento de 25 mm).

Quadro 2 – Modelos e tamanhos de espaçadores

Modelo de Espaçador	Tamanho de Cobrimento
Circular	25 mm
Multi apoio	25 mm
Cadeirinha	25 mm
Cone	220 mm

(fonte: elaborado pelo autor)

Em relação aos pilares, foi usado um espaçador tipo cone, formado por dois cones 3/4 nas extremidades e um tubo rígido em PVC entre eles, para garantir o correto afastamento entre as duas faces da fôrma, servindo ainda como molde para detalhes de acabamento nas faces dos quatro pilares em concreto aparente no meio dos apartamentos. Assim, além da sua função de garantir o posicionamento e travamento das fôrmas através das passagens dos parafusos de fixação, ele adquire também uma importante função estética. A cada pilar são utilizados espaçadores cone 3/4 novos, para garantir um melhor acabamento superficial, ainda que alguns possam ser reaproveitados. O espaçador tipo cone pode ser visto na figura 7 e o acabamento obtido por ele pode ser visto na figura 8. Caso o espaçador seja mal fixado ou esteja em más condições, ou ainda, fique aderido ao concreto, o acabamento pode ser prejudicado.

Figura 7 – Espaçador tipo cone 3/4 e circular



(fonte: foto do autor)

Figura 8 – Acabamento nos pilares dado pelo espaçador tipo cone 3/4



(fonte: foto do autor)

6.3.2 Fôrma

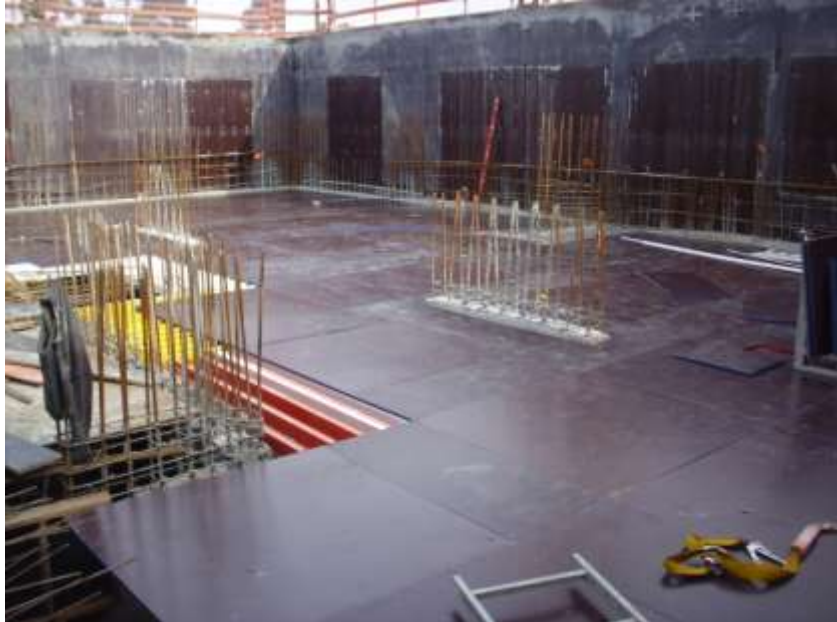
A fôrma é o principal material responsável pelo acabamento superficial do concreto, portanto, sua superfície e seu estado de conservação influem diretamente na estética. Visando garantir um acabamento uniforme e flexibilidade na montagem, foram adotados chapas de compensado plastificado pela obra. Uma vez que a laje é paginada, os painéis de fôrma já vieram cortados e identificados de acordo com o tamanho proposto em projeto. Todas as superfícies de corte vieram corretamente seladas, para evitar o desprendimento lateral das camadas da chapa.

Apesar de o fabricante garantir um aproveitamento das fôrmas de 8 réusos para cada lado, foi definido pela obra apenas cinco réusos devido a maior qualidade de acabamento desejada. Assim, são necessários pelo menos dois jogos de fôrmas para cada uma das torres do empreendimento.

Ao todo, foram empregados onze tamanhos diferentes de chapas, cada uma identificada por uma cor diferente de selamento. A figura 9 mostra o estado da fôrma antes da primeira concretagem, a figura 10 após a primeira utilização e a figura 11 após a terceira utilização. Assim, pode-se notar que após a primeira utilização o compensado plastificado adquire aspecto esbranquiçado, devido ao uso do desmoldante, e após a terceira, o efeito se

intensifica, havendo locais completamente brancos, podendo dar origem a futuros manchamentos.

Figura 9 – Vista geral do assoalho paginado em compensado plastificado



(fonte: foto do autor)

Figura 10 – Vista Geral do assoalho paginado em compensado plastificado após a primeira utilização



(fonte: foto do autor)

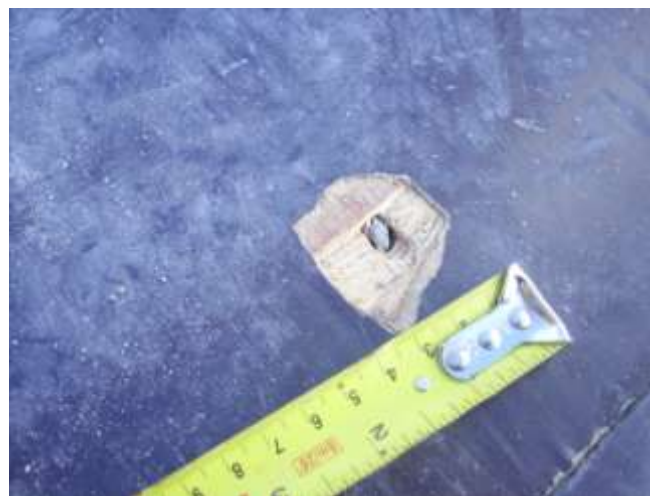
Figura 11 – Vista geral do assoalho paginado em compensado plastificado após a terceira utilização



(fonte: foto do autor)

Também foram notados pequenos danos nas laterais das placas e pontualmente no meio de algumas placas, como pode ser visto na figura 12, onde parte da camada superficial do compensado foi removida.

Figura 12 – Dano pontual em uma das placas após a primeira utilização



(fonte: foto do autor)

6.3.3 Desmoldante

O desmoldante utilizado para pilares é um desmoldante a base óleo (emulsão). Segundo o fabricante, o produto é indicado para concretos aparentes, permitindo uma desmoldagem fácil e garantindo um melhor acabamento superficial. Já nos casos das lajes, foi utilizado um desmoldante à base água, não sendo o mais recomendado para superfícies em concreto aparente. Nas figuras 13 e 14 podem-se ver os dois tipos de desmoldantes utilizados pela obra.

Figura 13 – Desmoldantes emulsão em óleo para pilares e paredes



(fonte: foto do autor)

Figura 14 – Desmoldante emulsão em água para lajes



(fonte: foto do autor)

6.3.4 Concreto

A correta especificação do concreto é fundamental para a obtenção de uma superfície lisa e homogênea. Assim, parâmetros como resistência, tipo de cimento, relação a/c, abatimento e tamanho dos agregados graúdos devem ser especificados pelo projetista e engenheiro responsável pela obra, a fim de garantir uma superfície sem imperfeições.

O quadro 3 relaciona os parâmetros especificados em projeto e os parâmetros do concreto fornecido pela concreteira responsável.

Quadro 3 – Comparativo entre o concreto especificado em projeto, o concreto fornecido e a recomendação da NBR 6118

Especificação do Concreto (Lajes e Pilares Internos)				
Característica	Projeto	Fornecido		NBR 6118 (Classe I)
Resistência	35 MPa	35 MPa	35 MPa	-
Relação a/c	≤ 0,55	0,45	0,48	< 0,65
Abatimento [mm]	Definido pela obra de acordo com método de aplicação	120±20	120±20	-
Brita	1	0	0	-
Cimento	Não especifica	CP IV	CP V-ARI	-

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 18 modificado pelo autor)

É importante ressaltar que foram utilizados concretos com diferentes tipos de cimento em distintos momentos da execução da obra, primeiramente para fazer testes do traço e também devido à indisponibilidade da concreteira. Assim, foi usado inicialmente cimento CP IV até os pilares do segundo pavimento, sendo a partir daí usado CP V-ARI até os pilares do terceiro pavimento da etapa 1. Esse cimento que não é o ideal para concreto aparente, devido ao seu alto calor de hidratação, podendo haver problemas relacionados à retração por secagem, ocasionando em uma superfície com um maior número de fissuras, logo, mais permeável, menos durável e com padrão estético comprometido.

O quadro 4 elenca as diferenças nas características necessárias a um concreto convencional em relação ao concreto aparente.

Quadro 4 – Comparativo entre características para um concreto convencional e para concreto aparente fornecido considerando a mesma estrutura

Especificação de Concreto		
Característica	Convencional	Aparente
Resistência	35 MPa	35 MPa
Relação a/c	< 0,65	< 0,5
Abatimento [mm]	100±20	120±20
Brita	0 e 1	0
Cimento	Indiferente	CP IV/CP V-ARI

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 18 modificado pelo autor)

6.3.4.1 Paredes (pilares e vigas externos)

Uma vez que as paredes de concreto (pilares e vigas externos) necessitam ter uma resistência de 15 MPa aos 3 dias, além da resistência de 35 MPa aos 28 dias, optou-se por fazer um teste com o cimento CP V-ARI, de modo a ter uma maior segurança quanto à obtenção dessa resistência nesse prazo e reduzir custos, já que para atingir a mesma resistência em concretos com o cimento CP IV é necessária uma maior quantidade de cimento. Essa resistência aos 3 dias se faz necessária para a liberação da elevação da fôrma autotrepante e sua fixação nos pontos de ancoragem no concreto.

Porém, após o uso de concreto com CP V-ARI tanto para teste, quanto no período em que o concreto com cimento CP IV ficou indisponível, foi detectado que o acabamento superficial ficou prejudicado, evidenciando-se uma maior necessidade de arremates na estrutura das paredes, ainda que não sejam aparentes. Ao mesmo tempo, quando do uso do CP IV, se faz necessário o uso de um aditivo plastificante, o qual deve ser dosado em obra e que aumenta os custos do concreto. O ideal da dosagem é ocorrer na central, porém com o tempo de transporte, caso o caminhão não seja descarregado logo na sua chegada, o aditivo acaba vencendo, diminuindo o abatimento e prejudicando o total preenchimento das fôrmas e o acabamento superficial. Assim, o ponto crítico deste concreto é ter um abatimento alto sem que haja perda de resistência. No quadro 5 pode-se ver um comparativo dos concretos usados nas paredes externas para um volume de 5 m³.

Quadro 5 – Comparativo de traços entre concretos com cimento CP V - ARI e CPIV usado nas paredes para uma quantidade de 5 m³

Concreto Paredes		
Constituintes	CP IV	CP V-ARI
Cimento	2340,0 Kg	2011,5 Kg
Brita 0	5130,0 Kg	4837,5 Kg
Areia Fina	-	922,5 Kg
Areia Média	3370,0 Kg	2155,5 Kg
Aditivo	16,38 L	16,11 L
Aditivo Plastificante	3,00 L	-
Água	1025,00 L	918,00 L
Consumo de Cimento	468,0 Kg/m ³	402,3 Kg/m ³
Relação a/c	0,44	0,45
Abatimento	160±30 mm	160±30 mm

(fonte: elaborado pelo autor)

6.3.4.1 Pilares, Lajes e Vigas

Para os pilares e vigas internos, assim como para lajes, foi adotado um concreto com abatimento de 120 ± 20 mm. Como se pode perceber pelo quadro 6, há uma maior relação água cimento para o concreto com cimento CP V-ARI, que o concreto com cimento CP IV.

Quadro 6 – Comparativo de traços entre concretos com cimento CP V-ARI e CP IV usado em pilares, lajes e vigas para uma quantidade de 5 m^3

Concreto Pilares, Lajes e Vigas		
Constituintes	CP IV	CP V-ARI
Cimento	2126,0 Kg	2085,0 Kg
Brita 0	5153,5 Kg	5545,0 Kg
Areia Fina	-	1025,0 Kg
Areia Média	2772,0 Kg	2395,0 Kg
Aditivo	14,89 L	16,7 L
Água	970,00 L	1010,0 L
Consumo de Cimento	425 Kg/m^3	417 Kg/m^3
Relação a/c	0,45	0,48
Abatimento	120 ± 20 mm	120 ± 20 mm

(fonte: elaborado pelo autor)

Em relação ao uso do concreto com CP V-ARI, pode-se perceber um acabamento superficial inferior ao acabamento obtido pelo outro concreto, havendo uma maior incidência de defeitos como bolhas, vazios e fissuras, assim como ocorreu para as paredes de concreto.

6.3.5 Material Elétrico

Em relação aos eletrodutos embutidos na laje, foram utilizados eletrodutos flexíveis de PVC. Quanto às caixas elétricas de lajes, foi necessário utilizar caixas plásticas arredondadas, em substituição às caixas sextavadas metálicas. A opção pelas caixas plásticas se deu em virtude da susceptibilidade das caixas metálicas enferrujarem ao longo do tempo, uma vez que ficam expostas ao ambiente, não recebendo nenhum tipo de revestimento. As caixas plásticas ainda permitem o melhor aproveitamento da fôrma, pois são compostas por dois módulos encaixáveis (tampa e caixa), podendo a tampa ser fixada em seu centro, não danificando o

compensando da fôrma. Esse modelo ainda permite vedação contra a invasão de nata de concreto, ficando seu interior limpo após a concretagem.

Figura 15 – Caixa elétrica plástica



(fonte: foto do autor)

Figura 16 – Caixa elétrica plástica posicionada na fôrma



(fonte: foto do autor)

Na figura 15 pode-se ver a tampa da caixa elétrica e a bucha azul de engate. Já na figura 16 tem-se a caixa elétrica fixada de modo errado na laje, uma vez que a fixação não deve ser feita nos furos laterais, mas sim no centro da tampa.

6.4 EXECUÇÃO

Nesta etapa, foram avaliados os cuidados executivos e os procedimentos adotados para a obtenção de uma superfície de concreto aparente de qualidade, ou seja, durável e com acabamento superficial homogêneo tanto em textura quanto em cor.

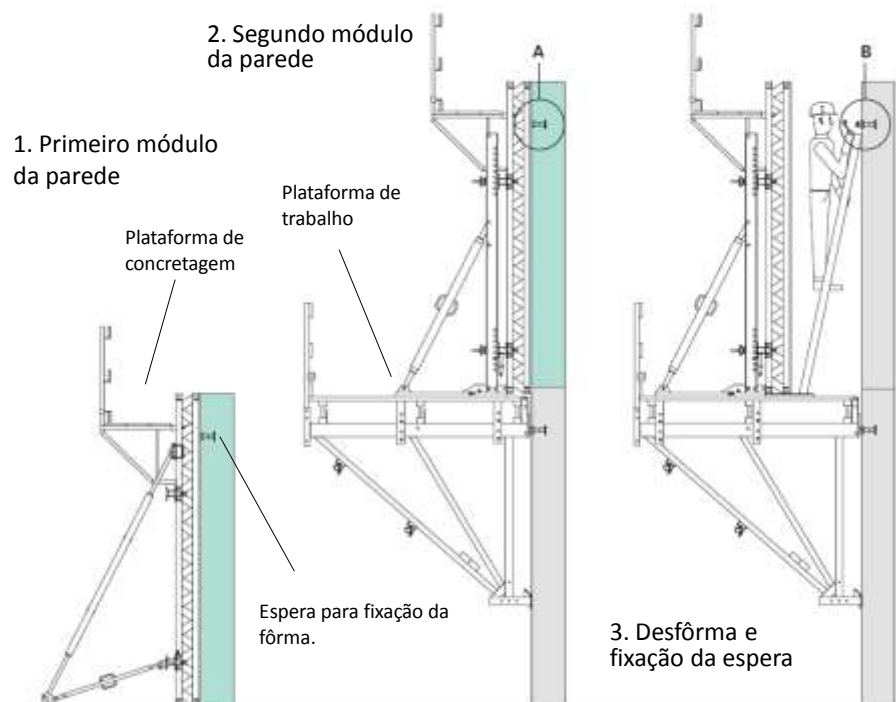
6.4.1 Sistema de Fôrmas

No empreendimento analisado foram utilizados diferentes sistemas de fôrmas, cada um com sua especificidade e finalidade dependendo do tipo de estrutura a ser executado.

6.4.1.1 Fôrmas Autotrepantes e Trepantes

Para a execução do empreendimento, foi proposto um sistema de fôrmas trepante e autotrepante, na estrutura que inicia a partir do térreo e vai até o décimo sexto pavimento, visando um menor tempo de execução, menor custo com mão de obra, visto que os serviços de carpintaria são reduzidos e de forma que a fachada fosse revestida simultaneamente à elevação da estrutura. Para a adoção desse sistema, fez-se necessária a instalação de uma grua entre duas das torres do empreendimento, sendo futuramente, instalada uma segunda grua para atender a terceira torre. Nas figuras 17 e 18 pode-se ver o esquema de montagem das fôrmas, detalhados em seis etapas.

Figura 17 – Etapas iniciais de montagem e elevação da fôrma autotrepante

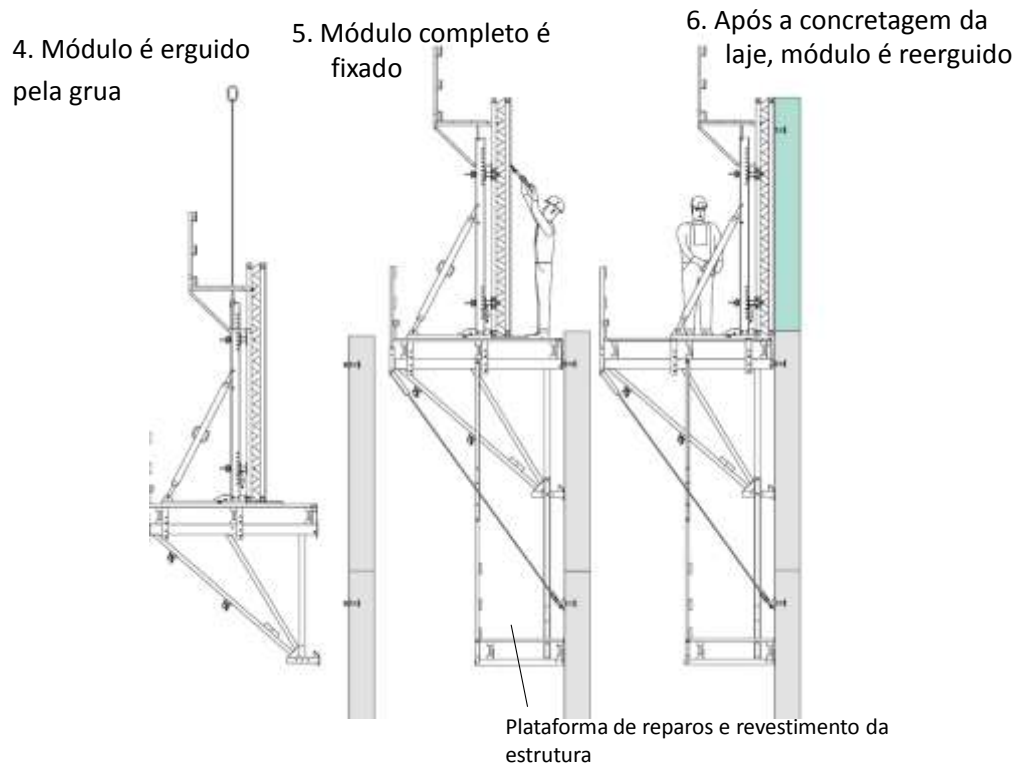


(fonte: NEX GROUP, 2014)

O sistema de fôrmas autotrepantes é composto pela fôrma externa e interna das paredes, sendo a parte externa fixada na estrutura e a interna móvel. Assim, ao longo da execução da estrutura, a parte externa vai sendo elevada pela grua, fixando-a no pavimento inferior já executado e contando com três plataformas de trabalho. A plataforma superior é a que dá acesso à concretagem da fôrma, a intermediária tem função de permitir o serviço de travamento da fôrma e a inferior tem por objetivo permitir o acabamento da superfície externa

da parede já executada, assim como o eventual preenchimento de nichos de concretagem. Parte dessa estrutura contém pilares que se projetam para o interior dos apartamentos.

Figura 18 – Etapas finais de montagem e elevação da fôrma autotrepante



(fonte: NEX GROUP, 2014)

Já o sistema de fôrmas trepantes é adotado para os pilares internos da estrutura, sendo os pilares dos apartamentos elementos em concreto aparente. Nesse caso, a fôrma é composta por dois elementos em L, contando com uma plataforma de concretagem. A cada pavimento, as fôrmas são elevadas por grua. A diferença entre as fôrmas externas, é que, nesse caso, a fôrma não fica fixada na estrutura, sendo desformada e retirada para a execução das lajes.

Na figura 19 temos a vista da fôrma autotrepante envolvendo a edificação. Percebem-se então os três patamares da fôrma e as fachadas dos andares inferiores já com sua camada de argamassa de regularização concluída.

Figura 19 – Vista da fôrma autotrepante envolvendo a edificação

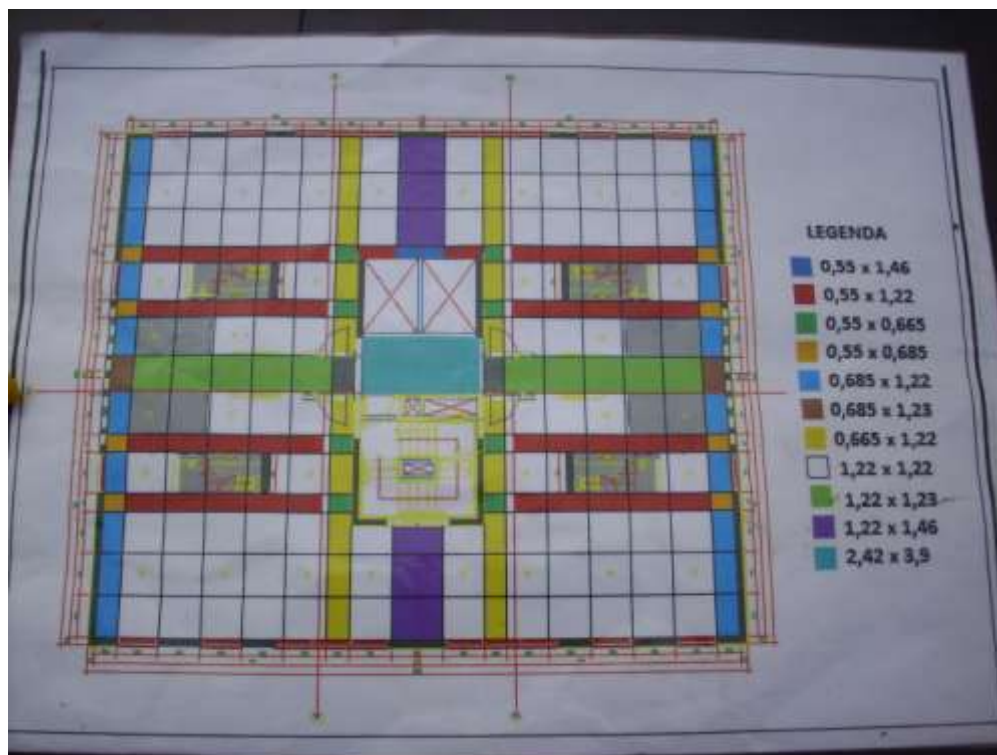


(fonte: foto do autor)

6.4.1.2 Fôrmas das Lajes

As fôrmas das lajes tem um papel importante na estética e acabamento final: são elementos em que as juntas dos painéis de compensado formam a paginação do teto dos apartamentos. Na figura 20 pode-se ver o croqui utilizado para o correto posicionamento dos diferentes tamanhos de compensado, sendo cada tamanho identificado por uma cor diferente.

Figura 20 – Foto do croqui de paginação das fôrmas de laje



(fonte: foto do autor)

6.4.2 Sistema de Escoramento

O sistema de escoramento adotado para as lajes é de suma importância, pois é ele que vai garantir o correto nivelamento da laje, não podendo o nível do teto ser corrigido eventualmente com um revestimento de reboco. Ao mesmo tempo, ele deveria facilitar a montagem, para executá-la de forma rápida e proporcionar segurança.

Devido a esses requisitos foi utilizado o sistema de escoramento GRIDFLEX. Esse sistema apresenta componentes leves feitos em alumínio e peças em formato de grelha, permitindo assim flexibilidade nos tamanhos das chapas de compensado, uma rápida montagem e ciclos reduzidos de concretagem. Outra vantagem é que o escoramento pôde ser montado de baixo para cima, com ajuda de um “garfo”, posicionando as grelhas sem a necessidade de um trabalhador na parte superior da laje, podendo ser iniciado o assoalho com o escoramento totalmente posicionado. Em relação ao concreto aparente, a grelha GRIDFLEX apresenta aberturas reduzidas entre as longarinas (se comparado ao escoramento tradicional, com longarinas superiores e inferiores), com cerca de 13 cm, reduzindo assim eventuais

deformações da laje e permitindo uma superfície nivelada e homogênea. As figuras 21 e 22 mostram o escoramento de uma das lajes do empreendimento, e como se pode notar, a taxa de vigas das grelhas é bastante alta, se comparada com o escoramento convencional.

Figura 21– Escoramento GRIDFLEX



(fonte: foto do autor)

Figura 22 – Escoramento GRIDFLEX



(fonte: foto do autor)

Em relação à estética, praticamente não ocorreram problemas de acabamento da laje em relação a grandes desníveis e estufamentos do concreto causados por falta de ou mau escoramento, apenas desníveis pontuais em juntas.

6.4.3 Etapas do Processo Construtivo e Cuidados Executivos

As etapas do processo executivo compõem os serviços realizados entre a concretagem de duas lajes. Cada laje é concretada em duas etapas, cada uma para metade da laje, apesar de não haver junta de dilatação na edificação.

6.4.3.1 Montagem de Armadura e Fôrmas de Pilares

A montagem da armadura dos pilares é feita de acordo com os projetos estruturais para cada elemento de concreto. No dia seguinte à concretagem da laje, é feito o posicionamento da armadura dos pilares. Como a seção dos pilares é de grande porte (22x166), a armadura é

montada e posicionada parcialmente, recebendo o restante das barras longitudinais no local. Nessa etapa, é sempre fundamental a correta colocação dos espaçadores, sendo colocadas pelo menos cinco linhas de espaçadores ao longo da armadura do pilar, de modo a evitar ao máximo o contato da armadura com a fôrma. Com a armadura posicionada e concluída, é feita a conferência, a ser realizada pelo mestre ou estagiário de engenharia, para liberar a montagem da fôrma. Na figura 23 pode-se ver parte do posicionamento das fôrmas.

Figura 23 – Montagem da fôrma dos pilares



(fonte: foto do autor)

A montagem da fôrma é feita com auxílio da grua, devido à grande dimensão de dois de seus painéis laterais, um deles ainda contando com a plataforma de concretagem. Aqui, a necessidade de carpinteiros é reduzida se comparada ao sistema convencional, necessitando de apenas dois profissionais. Através de linhas de nylon no eixo dos pilares, a posição da fôrma é marcada, sem haver a necessidade de marcação dos ganchos na laje. Assim, o trabalho dos carpinteiros é só alinhar a fôrmas com a posição definida pelos eixos, fazer o travamento e aprumá-la. Há sempre um cuidado especial com os espaçadores em cone para a

passagem dos parafusos de travamento da fôrma, pois esses cones tem função estética além de estrutural. Antes do posicionamento dos painéis de fôrma, é feita a aplicação de desmoldante.

Durante a execução dos primeiros pilares (pilares do térreo ao segundo pavimento), há o trabalho a mais de montar a plataforma de concretagem das fôrmas trepantes, não sendo este serviço repetido nos outros pavimentos.

A equipe necessária para essas duas etapas é de dois ferreiros, dois carpinteiros e um sinaleiro (responsável por fazer a comunicação com o operador da grua e coordenar o içamento de materiais), resultando em grande diferença se comparado ao sistema tradicional de estrutura em concreto armado, onde geralmente é necessário um maior número de carpinteiros.

Assim, devido ao concreto aparente e ao seu sistema de fôrmas, o processo se torna mais racional e rápido.

6.4.3.2 Concretagem de Pilares

A partir do momento em que as fôrmas dos pilares estejam travadas e aprumadas, a concretagem pode ser realizada, sem a necessidade de ter o assoalho da laje executado, já que existe uma plataforma de concretagem e a fôrma e o seu travamento compõem um sistema robusto, resistindo às pressões exercidas pelo concreto, sem que haja deformação ou movimentação de sua estrutura.

O início da concretagem se dá pelo controle tecnológico do concreto no momento da chegada do caminhão betoneira, sendo feito o teste de abatimento e moldagem dos corpos de prova, para rompimento aos 7 e 28 dias. É desejável um abatimento o mais próximo do valor superior, de 140 mm, para garantir um melhor acabamento superficial e evitar nichos de concretagem e ar aprisionado.

A concretagem é realizada por caçambas, içadas pela grua até os pilares. Através da caçamba, é possível concretar sem as grandes pressões exercidas caso o concreto fosse bombeado, evitando uma possível segregação de agregados graúdos na base dos pilares. O sistema de concretagem por caçamba também proporciona a racionalização da aplicação do concreto, não havendo praticamente fugas de concreto da fôrma, reduz a equipe de concretagem e proporciona maior segurança ao responsável pela concretagem, sem haver os “socos” do mangote do concreto bombeado. Apesar disso, a altura de lançamento é demasiada alta, uma

vez que o pilar tem 2,75 metros de altura e caçamba concreta a cerca de 60 centímetros acima desse nível, totalizando 3,35 metros, ultrapassando a altura ideal de 3 metros recomendada por Silva (P. F. A., 1995). O adensamento do concreto é realizado constantemente, interrompendo-se a concretagem para adensar as diferentes camadas de concreto, durante cerca de 10 segundos, evitando-se assim a formação de nichos ou juntas de concretagem. Após concretado, bate-se com uma marreta de borracha na fôrma para expulsar bolhas de ar e garantir um melhor acabamento superficial.

A figura 24 mostra o momento da concretagem de um dos pilares. Nota-se também, a existência de uma estrutura em madeira para conduzir o concreto para dentro da fôrma ou mesmo evitar que haja a fuga de concreto para os lados.

Figura 24 – Concretagem de pilares



(fonte: foto do autor)

A concretagem é realizada até o nível 1 cm acima do assoalho das lajes, com objetivo de propiciar as chapas de compensado encostarem na sua superfície, ficando a junta vedada. O volume de cada um dos pilares é de aproximadamente 1 metro cúbico de concreto.

6.4.3.3 Desfôrma e Cura de Pilares

No dia seguinte à concretagem, ou nos dias posteriores, é realizada a desfôrma dos pilares, iniciando-se pela retirada dos travamentos e fixação. Após, as fôrmas são afastadas dos

pilares, não sendo necessariamente retiradas do local. Isso se deve ao fato das fôrmas serem armazenadas no pavimento, e, devido à sua grande dimensão, devem ser movimentadas somente no momento de liberar a montagem do escoramento da laje, para não atrapalhar os outros serviços que ocorrem simultaneamente.

Quanto à cura dos pilares, a obra optou por não fazê-la, podendo assim, comprometer a resistência da camada da nata de concreto superficial, ficando quebradiça ou suscetível à entrada de agentes agressivos, devido à maior permeabilidade esperada para a mesma devido à perda de água e hidratação incompleta dos componentes cimentícios.

6.4.3.4 Montagem de Armadura e Fôrmas das Paredes

As paredes de concreto da periferia da edificação compõe a etapa simultânea à montagem dos pilares. Apesar de não serem em concreto aparente, elas são de fundamental importância para o sistema construtivo, pois permitiram a eliminação de vigas dos apartamentos e o conceito do concreto aparente nas lajes.

Assim, no dia seguinte à concretagem da laje, também é feita a elevação da estrutura da fôrma autotrepante através da grua, junto com a montagem dos pilares. No segundo dia, simultâneo à concretagem dos pilares é realizada a montagem da armadura, tendo-se os mesmos cuidados exigidos ao concreto aparente, sendo também posicionados os gabaritos metálicos para os vãos das janelas. Junto com a montagem das armaduras, são fixadas as esperas para apoio da fôrma autotrepante e são feitas as instalações elétricas e passagens embutidas nas paredes. Após a montagem das armaduras, as fôrmas são fechadas e fixadas internamente, estando prontas para a concretagem. Para garantir o correto posicionamento da fôrma, são usados espaçadores de argamassa, em formato prismático, devido ao tamanho e peso das fôrmas internas, já que espaçadores plásticos poderiam ser esmagados e não garantiriam o correto cobrimento da armadura. A figura 25 mostra a armadura das paredes em processo de montagem.

Figura 25 – Montagem da armadura de paredes



(fonte: foto do autor)

6.4.3.5 Concretagem das Paredes

A concretagem das paredes de concreto é realizada da mesma forma que a dos pilares, sendo seguidas as mesmas recomendações, havendo uma atenção especial quanto ao abatimento do concreto, que deve ser de 160+20 mm, devido a maior densidade de armadura e para o concreto preencher a parte inferior das janelas sem que fiquem ninhos de concretagem. A fôrma, assim como a dos pilares, também conta com uma plataforma de concretagem em toda sua periferia. No caso das paredes, são moldados corpos de prova para rompimento aos 3 dias, além dos 7 e 28 dias, devido a necessidade de rápida desfôrma desses elementos e da carga que deverá suportar logo em seguida, no momento da elevação da fôrma autotrepante.

6.4.3.6 Desfôrma e Cura das Paredes

A desfôrma das paredes de concreto é realizada da mesma forma que a dos pilares, sendo seguidas as mesmas recomendações. A cura, assim como nos pilares, é inexistente, e pode prejudicar sua durabilidade.

6.4.3.7 Montagem das Fôrmas das Lajes

A montagem das fôrmas de lajes é iniciada após a desforma e retirada dos painéis de fôrma internos das paredes. Assim, o processo é iniciado pela colocação do escoramento, sendo realizado de baixo para cima, posicionando-se as escoras e, com o auxílio de um “garfo”, encaixam-se as grelhas de alumínio (GRIDFLEX) entre as escoras. Com isso, o processo é facilitado e o cronograma de montagem reduzido, se comparado ao sistema convencional de escoramento, com escoras, vigas primárias e vigas secundárias. Cabe aqui ressaltar, que para o concreto aparente, o sistema convencional seria de maior dificuldade, com maior tempo de montagem e menor qualidade, uma vez que acaba permitindo a deformações pontuais da estrutura da laje devido à menor taxa de pontos de apoio no assoalho.

Aproveitando as plataformas de concretagem das fôrmas de paredes, o acesso é facilitado e pode-se iniciar o assoalho da laje, seguindo o projeto de paginação. O processo se dá da mesma maneira que um piso cerâmico, contando com dois eixos onde são posicionadas linhas de nylon para dar a largada da paginação, como pode ser visto na figura 26. Assim, o correto posicionamento das chapas é garantido.

Figura 26 – Posicionamento das chapas de compensado com auxílio de linhas de nylon para paginação



(fonte: foto do autor)

6.4.3.7.1 Juntas Paginadas

Inicialmente, houve problemas na disposição dos painéis, identificando-se falhas nas juntas de encontro de quatro chapas ou mesmo vazios entre duas chapas adjacentes.

A origem do problema foi identificada como sendo a diferença de tamanhos das chapas, causada no momento do corte das chapas, ficando cerca de quatro milímetros menor em uma das dimensões, devido à espessura do disco de corte. Assim, apesar da correta posição em relação ao projeto, deve-se atentar para o sentido de menor tamanho, pois dependendo do sentido de colocação, a diferença pode acumular, ficando frestas entre chapas e desalinhando as juntas. Antes da identificação da origem do problema, algumas chapas foram cortadas manualmente para encaixar corretamente, tendo sido descartadas posteriormente.

O problema pode ser visto na figura 27.

Figura 27– Detalhe das juntas desalinhadas e espaçadas



(fonte: foto do autor)

Como solução, foi feita a identificação da menor dimensão de todas as chapas, sendo todas numeradas e pintadas com uma seta para indicar sua correta posição. Na figura 28 e 29 pode-se ver o resultado. Dessa forma, problemas de desalinhamento de juntas e frestas foram minimizados.

Figura 28 – Identificação das chapas de compensado



(fonte: foto do autor)

Figura 29 – Fôrma da laje reescorada



(fonte: foto do autor)

Assim, como vantagem, esse sistema de paginação, uma vez bem definido, racionaliza a produção, não necessitando cortes e retrabalhos.

Pode ocorrer, ao longo da periferia da fôrma da laje, e em torno dos pilares, um distanciamento do compensando em relação aos pilares e a parede, ficando um vazio. Esse vazio é preenchido com uma tira de espuma EVA. A importância de evitar frestas é para não haver o escorrimento da nata de concreto durante a etapa de concretagem, a fim de preservar a homogeneidade do concreto, sem rebarbas e sem manchamentos.

Como recomendação, todas as juntas dos compensados devem estar apoiadas pelo escoramento ao longo de seu eixo longitudinal, para não haver uma deformação diferencial naquele ponto de emenda. Em locais onde isso não é possível, são usadas vigas auxiliares de madeira, para o correto apoio ao longo da junta.

6.4.3.7.2 Fixação das Chapas de Compensado

A fixação das chapas é garantida por quatro pregos, cada um localizado em um dos cantos. Em função de preservar o estado dos painéis de compensado, o processo é executado de forma cuidadosa, atentando-se para não marcar superficialmente as chapas com a cabeça do martelo.

Em virtude das grelhas do escoramento ser de alumínio, é necessário um prego especial para fazer essa fixação, para evitar a corrosão por diferença de potencial elétrico de metais. Após a conclusão do serviço, é passado desmoldante em toda a fôrma antes de iniciar a execução da armadura.

6.4.3.7.3 *Limpeza*

Ainda na etapa da montagem do assoalho da laje, a questão da limpeza é uma tarefa recorrente, em virtude do acabamento superficial do concreto aparente não ficar impregnado com poeira, serragem ou outros resíduos. Também é utilizado um imã, para remover as pontas de arame proveniente da amarração da armadura da laje. Esse procedimento é importante, pois evita que futuramente haja a corrosão desse material, resultando em pontos de ferrugem na laje, comprometendo sua estética ao longo do tempo.

6.4.3.8 Montagem de Armadura das Lajes

Após o assoalho estar completo, inicia-se o processo de montagem das armaduras. Primeiramente, as armaduras são elevadas pela grua e depositadas sobre o assoalho, sempre evitando o contato com as fôrmas, através de caibros de madeira, para não danificá-la. Começa-se então pelo posicionamento da armadura dos capitéis dos pilares, podendo após, ser feita a montagem da armadura positiva. Neste momento, é dada grande atenção à colocação dos espaçadores tipo cadeirinha, para evitar o contato de qualquer trecho do compensado com as barras de aço.

Após, é feito o posicionamento da armadura negativa, usando como espaçadores treliças de aço, que ficam sobre a armadura positiva, evitando assim o uso de “caranguejos”, peça que entra em contato direto com a fôrma.

6.4.3.9 Instalações Elétricas de Lajes

Após a montagem do assoalho, os pontos elétricos são marcados, utilizando a tampa das caixas elétricas para fazer a fixação. No caso, a tampa é pregada no meio, como pode-se ver na figura 30, utilizando apenas um prego, sendo a caixa elétrica encaixada posteriormente. Assim, a chapa de compensado não é danificada pela fixação das caixas, estando o prego aonde não irá concreto. É comum também, que durante a desforma dos painéis, a tampa acaba

sendo extraída junto, estando o ponto elétrico já marcado para a laje superior, já que o painel é utilizado sempre na mesma posição.

Figura 30 – Fixação da tampa da caixa elétrica no assoalho



(fonte: foto do autor)

As tubulações elétricas são fixadas após a execução da armadura positiva da laje, atentando-se para não estar em contato com a fôrma e que estejam corretamente posicionadas. A conferência deste serviço é importante, pois caso a laje seja concretada faltando alguma tubulação, fica complicada a solução do problema, uma vez que implica na quebra de um trecho da laje para a passagem desta tubulação, comprometendo totalmente a estética.

6.4.3.10 Instalações Hidrossanitárias

Os gabaritos das passagens de tubulações hidrossanitárias são posicionados através de um “tapete” de marcação. Não são necessários cuidados especiais em relação ao acabamento do concreto, uma vez que os locais em que estão presentes recebem forro em gesso acartonado.

6.4.3.11 Concretagem de Lajes

A concretagem das lajes é composta por várias etapas, sendo elas a pré-concretagem, lançamento, adensamento e regularização do concreto. Na chegada dos caminhões, é procedido o teste de abatimento e moldagem dos corpos de prova, para rompimento aos 7 e 28 dias. Assim como nos pilares, é desejável um abatimento o mais próximo possível do valor superior (140 mm), devido à concentração de tubulações elétricas em alguns pontos da laje.

6.4.3.11.1 Pré-Concretagem

A etapa de concretagem é precedida pela preparação da fôrma para a concretagem. Antes do lançamento do concreto, a fôrma é lavada com água corrente, já fazendo também o papel de umedecê-la, importante para evitar que a fôrma absorva água do concreto, processo que acaba prejudicando sua hidratação, podendo causar manchas escuras segundo Silva (P. F. A., 1995). Após, pode-se iniciar o lançamento do concreto.

6.4.3.11.2 Lançamento e Adensamento

O lançamento, assim como para os pilares, também é realizado por meio de caçamba, sendo uma delas de 1 metro cúbico e a outra com cerca de 300 litros. Assim, enquanto um delas está sendo carregada de concreto, a outra está sendo descarregada, otimizando o processo.

A opção por fazer o lançamento do concreto por meio de caçamba é importante, pois evita danos na laje devido aos “socos” do mangote para bombeamento do concreto, e também evita o acúmulo excessivo de concreto em um só ponto, proporcionando maior segurança e fazendo com que a concretagem possa ser realizada mais calmamente, primando pelos cuidados com o adensamento e espalhamento do concreto e a limpeza da fôrma.

Quanto ao volume de concreto, são utilizados 23 metros cúbicos, sendo divididos em três caminhões de 5 metros cúbicos e um de 8. O volume menor dos caminhões iniciais é para evitar o vencimento do concreto e a redução do seu abatimento ao longo do tempo, uma vez que a concretagem por meio de caçamba é mais demorada.

A altura de lançamento se dá a aproximadamente 80 centímetros, estando dentro das recomendações técnicas. O adensamento é realizado através de vibrador elétrico, o qual é usado praticamente durante todo o tempo de concretagem. O tempo médio de vibração detectado é de 10 segundos. Em vários momentos pôde-se notar a ponta do vibrador sendo arrastada na horizontal, contrariando a recomendação de só usá-lo na vertical, já que o objetivo dele é adensar o concreto misturando as camadas e removendo o ar aprisionado, e não espalhá-lo.

Durante as concretagens acompanhadas, houve pouquíssimo escorrimento de nata através das juntas da fôrma, o que é muito positivo, pois melhora o acabamento superficial e reduz o

tempo em que um funcionário tem que estar disponível lavando a laje inferior, para a nata não aderir na superfície.

Outro cuidado essencial nesta etapa é com as tubulações elétricas, de forma a não serem rompidas ou obstruídas por concreto, sendo feito o acompanhamento de um eletricista durante toda a concretagem.

6.4.3.12 Desfôrma e Cura de Lajes

A etapa de cura é realizada no dia seguinte à concretagem, mantendo-se uma película de água sobre toda a extensão da laje. Mesmo assim, foram detectadas fissuras superficiais de grandes dimensões, mas que são cobertas pelo contrapiso, posteriormente.

A etapa de desfôrma das lajes é realizada no mínimo 3 dias após a concretagem da laje. O processo é iniciado pela retirada das escoras em uma das extremidades das grelhas de escoramento, ficando pendurada pelas escoras da outra extremidade, podendo ser então removida facilmente com ajuda de um “garfo”.

Com a completa remoção do escoramento, ficando para trás apenas as escoras do reescoramento, pode-se iniciar a remoção dos painéis de compensado. Foi verificado que os painéis são removidos cuidadosamente, evitando-se que caiam no chão ou sejam danificados em suas laterais no momento em que são “desgrudados” da laje. Assim, é possível aumentar a vida útil dos mesmos, aproveitando-os por mais tempo e evitando marcas na laje devido à sua má integridade (descasque, amassados, furos, etc.).

6.4.4 Defeitos no Acabamento Superficial

O acabamento superficial do concreto aparente depende de vários fatores. Cabe à obra identificá-los para obter o melhor acabamento possível, ou seja, com textura e cor homogênea e sem imperfeições pontuais. Sendo assim, após a desfôrma dos elementos de concreto aparente, pôde-se verificar o estado do seu acabamento superficial, constatando-se a incidência ou não de defeitos. No caso de estarem presente, relacionou-se com as causas para o seu aparecimento.

O quadro 7 elenca os defeitos de acabamentos superficiais admitidos ou não para um concreto convencional e um concreto aparente.

Quadro 7 – Comparativo entre o acabamento superficial de um concreto convencional e aparente

Estética e Acabamento Superficial		
Defeito	Concreto Convencional	Concreto Aparente
Diferenças de Cor e Tonalidade	Indiferente	Parcialmente Admissível
Bolhas de ar	Admissível	Parcialmente Admissível
Vazios	Admissível	Não Admissível
Textura Arenosa	Admissível	Não Admissível
Descasque	Evitar	Não Admissível
Incrustações	Evitar	Não Admissível
Fissuração	Menor dimensão possível	Menor dimensão possível
Riscos	Admissível	Parcialmente Admissível
Manchas	Admissível	Não Admissível

(fonte: elaborado pelo autor)

6.4.4.1 Bolhas

A incidência de bolhas foi notada quase na totalidade dos pilares avaliados, não tendo sido constatada nas lajes. Dependendo da quantidade e do tamanho das bolhas presentes na superfície, elas são facilmente notadas. As figuras 31e 32 mostram a ocorrência desse defeito.

Figura 31 – Bolhas em mudanças de planos



(fonte: foto do autor)

Figura 32 – Detalhe da incidência de bolhas



(fonte: foto do autor)

Apesar de ocorrerem de um modo geral na superfície dos pilares, houve uma maior concentração delas perto das regiões de mudança de plano dos pilares. Isso se deve provavelmente a uma maior dificuldade de adensamento e por esses locais serem os últimos a

serem preenchidos no momento da concretagem, sendo preenchida primeiramente a região central do pilar. Na figura 33 pode-se ver a ocorrência desse defeito em boa parte da superfície de um pilar.

Figura 33 – Vista geral da incidência de bolhas em um pilar



(fonte: foto do autor)

Assim, a ocorrência de bolhas proporciona efeito negativo tanto à estética (pois dependendo da concentração delas, podem ser notadas de longe por observadores inatentos) quanto à durabilidade, propiciando pontos de passagem à agentes agressivos e reduzindo a espessura de cobrimento naquele ponto.

6.4.4.2 Vazios

Os vazios (figuras 34 e 35) estiveram presentes principalmente próximos às arestas de menor dimensão dos pilares, tendo possivelmente a mesma causa das bolhas, aliado a um concreto com menor abatimento (cerca de 100 mm) ou menos argamassado. Uma vez que possuem maior dimensão, são facilmente percebidos de longe, deixando a superfície com aspecto ruim.

Figura 34 – Pequena concentração de vazios em um pilar



(fonte: foto do autor)

Figura 35 – Grande concentração de vazios em um pilar



(fonte: foto do autor)

Uma das soluções a ser adotada nesse caso é fazer o preenchimento dos vazios com argamassa e conferindo aspecto liso à superfície, ainda que possa haver diferença de tonalidade nesses locais devido ao traço da argamassa ser diferente do concreto. Porém, deve-se atentar para desenvolver um traço ou uma argamassa industrializada que confira tonalidade o mais próxima possível à estrutura concretada, minimizando o prejuízo estético.

6.4.4.3 Agregado Exposto

Os principais locais com ocorrência de agregado exposto ficaram situados nas lajes, nos trechos em que há grande concentração de tubulações flexíveis (figura 36). Devido ao maior número de tubulações, há uma maior dificuldade da passagem da argamassa do concreto por esses locais, ficando o agregado exposto ou parcialmente coberto por argamassa. A elevada concentração de tubulações é devido aos circuitos elétricos e de automação dos apartamentos.

Figura 36 – Agregado exposto em uma laje



(fonte: foto do autor)

A solução a ser adotada nesse caso é fazer o preenchimento dessa região com argamassa, cuidando para não encobrir o detalhe das juntas paginadas e para que não haja grande diferença de tonalidade, de modo a deixar o local o mais parecido possível com o restante da laje.

6.4.4.4 Manchas

Através da observação da estrutura de concreto aparente, foram notados casos com diferenças pontuais de cor e também com diferenças de tonalidade em determinados trechos, sendo descritas a seguir. Para correção, deve-se fazer o lixamento do local, removendo a camada de concreto manchada, e, posteriormente, fazer a aplicação, se necessário, de uma fina camada de argamassa.

6.4.4.4.1 Diferenças Pontuais de Cor

Foram notados diversos tipos de diferenças pontuais de cor, sendo todas bem perceptíveis e tendo suas causas explicitadas na sequência:

a) manchamento devido ao depósito de ferrugem (figura 37)

Figura 37– Manchas de oxidação devido à exposição à água da armadura da laje



(fonte: foto do autor)

b) manchamento devido ao mau estado de conservação da fôrma (figura 38)

Figura 38– Manchas generalizadas em parte da laje concretado com compensado de reuso em comparação ao uso de compensado novo (à direita)



(fonte: foto do autor)

c) manchamento devido ao contato do vibrador com a fôrma (figura 39)

Figura 39– Manchas escuras ao longo do pilar



(fonte: foto do autor)

d) manchamento devido à sujeira impregnada na fôrma e remoção do desmoldante (figura 40)

Figura 40– Sujeira impregnada na laje (“pegadas”) e consequente remoção do desmoldante



(fonte: foto do autor)

6.4.4.4.2 Diferenças de Tonalidade

As diferenças de tonalidade foram causadas pelo uso de compensados com número de reúsos diferentes (no caso da laje da figura 41) e problemas na limpeza ou aplicação do desmoldante (no caso do pilar da figura 42)

Figura 41 – Diferença de tonalidade em uma laje



(fonte: foto do autor)

Figura 42 – Diferença de tonalidade em um pilar



(fonte: foto do autor)

6.4.4.5 Desníveis de juntas

Na figura 43 pode-se ver um dos poucos casos de ocorrência desse defeito.

Figura 43– Juntas desniveladas



(fonte: foto do autor)

Uma das causas para o aparecimento de desníveis nas juntas é a região de encontro das placas de compensado (juntas) ficar sem apoio das grelhas do sistema de escoramento. Assim, com o peso do concreto exercido durante a concretagem, parte do compensado cede, gerando o desnível.

6.4.5 Acabamento Superficial Ideal

O acabamento superficial ideal resultante de uma estrutura de concreto aparente consiste em uma superfície lisa e de cor e textura homogênea. É importante ressaltar que esse acabamento depende de vários fatores externos, como as condições da fôrma, da aplicação do desmoldante, do correto lançamento e adensamento do concreto e cuidados no momento da desfôrma. Em relação ao concreto, é desejado o uso de brita 0, abatimento de 120 ± 20 mm e boa proporcionalidade de argamassa em relação ao agregado graúdo. As figuras 44 e 45 exemplificam os melhores resultados de acabamento para pilares e lajes.

Figura 44 – Acabamento superficial ideal de um pilar



(fonte: foto do autor)

Figura 45 – Acabamento superficial regular de uma laje



(fonte: foto do autor)

6.4.6 Comparativo de Etapas em Relação a uma Estrutura Convencional

Através do acompanhamento da execução de uma estrutura em concreto aparente, foi possível identificar algumas etapas que foram eliminadas ou que não estão presentes quando da execução de uma estrutura em concreto convencional, assim com etapas a mais a serem realizadas devido ao sistema construtivo adotado em virtude do concreto aparente. O quadro 8 faz o comparativo dessas etapas.

Quadro 8 – Comparativo entre etapas construtivas do concreto convencional e aparente

Processo Construtivo	
Convencional	Aparente
Marcação da posição dos pilares	-
-	Elevação da fôrma das paredes
Posicionamento da armadura dos pilares	Posicionamento da armadura dos pilares internos
Fechamento da fôrma dos pilares	Marcação e fechamento da fôrma dos pilares internos
Montagem dos fundos de viga	-
Montagem dos painéis laterais das vigas	-
-	Montagem da armadura das paredes
-	Fechamento da fôrma das parede
Posicionamento do escoramento de laje	-
Montagem do assoalho da laje	-
Concretagem dos pilares	Concretagem dos pilares internos
-	Concretagem das parede
-	Posicionamento do escoramento de laje
Posicionamento da armadura das vigas	-
-	Montagem do assoalho da laje e fundo vigas elevadores
Montagem da armadura da laje	Montagem da armadura da laje e vigas elevadores
Concretagem da laje	Concretagem da laje
Cura da Laje	Cura da Laje

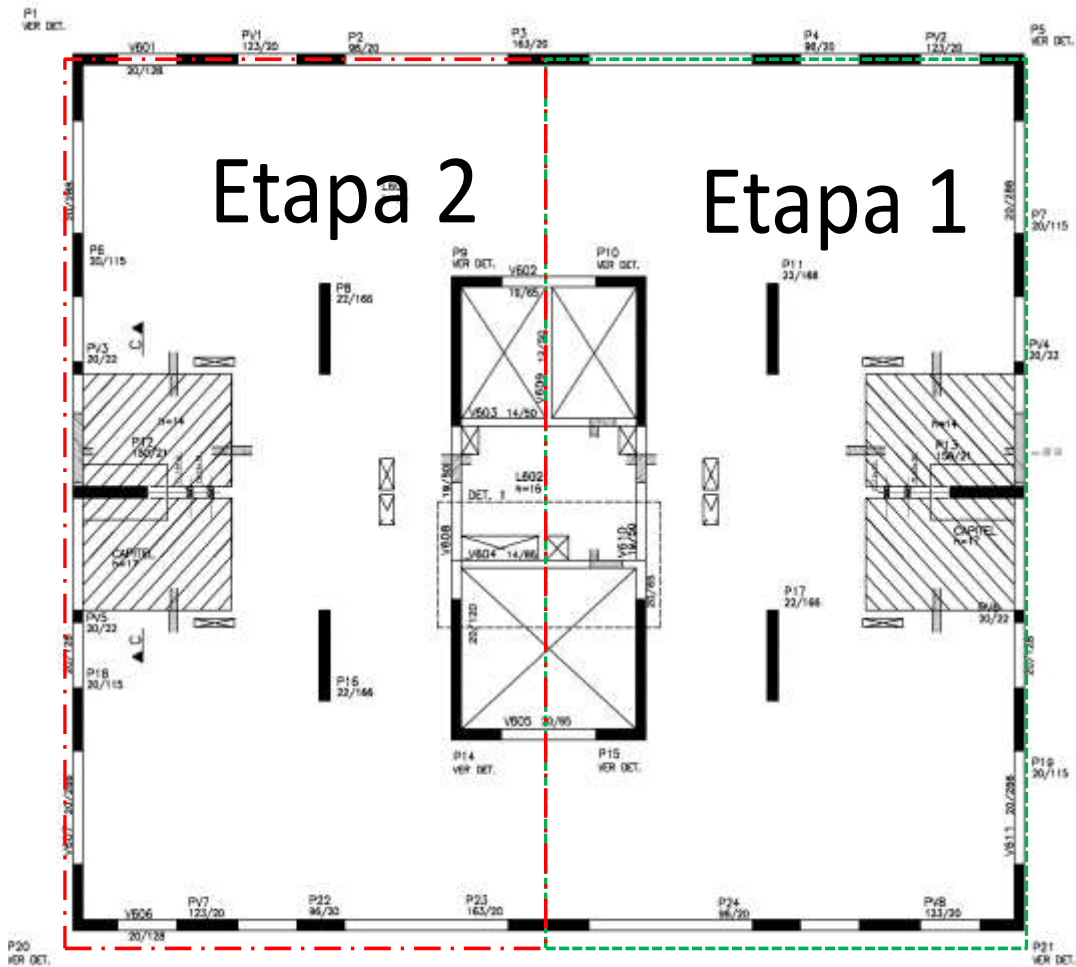
(fonte: elaborado pelo autor)

6.4.7 Ciclo do Processo Executivo

Uma das vantagens da utilização do sistema de fôrmas trepantes e autotrepantes para o concreto aparente é permitir um ciclo reduzido, tendo-se atingido um ciclo mínimo de até 5 dias em obras semelhantes. Assim, será analisado o ciclo proposto desenvolvido pela obra,

descrevendo as atividades realizadas a cada dia para a obtenção desse ciclo bem como o ciclo real da obra, por meio das datas de concretagem das lajes de cada etapa. A figura 46 apresenta a divisão de cada etapa do ciclo da estrutura, estando marcadas por um retângulo verde e outro vermelho.

Figura 46– Divisão da estrutura em duas etapas do ciclo



(fonte: NEXGROUP, 2014, modificado pelo autor)

6.4.7.1 Ciclo de 7 dias

Para a elaboração desse ciclo foi considerada uma equipe de 1 encarregado de fôrma, 7 carpinteiros, 2 ajudantes, 4 ferreiros e 3 eletricitas. No quadro 9, pode-se notar que o início do ciclo é dado pela elevação das fôrmas das paredes externas de uma das etapas. Assim, pode-se posicionar a armadura tanto dos pilares internos quanto externos e executar as tubulações embutidas ainda no **primeiro dia**, liberando já no **segundo dia** o posicionamento e

fechamento das fôrmas dos pilares internos, seguidos pela sua concretagem ao fim do dia. Ainda no segundo dia, é terminado o posicionamento da armadura das paredes externas. Logo, nos dois primeiros dias há serviços para carpinteiros, ferreiros e eletricitas.

Quadro 9 – Ciclo projetado de 7 dias

Ciclo	Descrição
1º dia	Subir Fôrma Paredes externas Etapa 1 Armadura paredes Etapa 1 Armadura Pilares Etapa 1 Fôrma dos Pilares Etapa 1 Tubulação paredes e pilares Etapa 1
2º dia	Armadura Paredes Etapa 1 Fôrma Pilares Etapa 1 Cocreto Pilares Etapa 1 Tubulação paredes Etapa 1
3º dia	Fôrma interna das paredes Etapa 1 Concretagem Paredes Etapa 1 Subir fôrma Paredes externas Etapa 2 Armadura Pilares Etapa 2 Armadura paredes Etapa 2
4º dia	Forma Pilares Etapa 2 GridFlex e assoalho Etapa 1 Armadura Paredes Etapa 2 Tubulação Pilares e Paredes Etapa 2 Retirada das forma interna da Etapa 1 para Etapa 2
5º dia	Armadura laje Etapa 1 Tubulação laje Etapa 1 Fôrma Pilares Etapa 2 Fôrma internas das paredes Etapa 2
6º dia	Armadura Laje Etapa 1 Tubulação laje Etapa 1 Concretagem laje Etapa 1 Concretagem pilares Etapa 2
7º dia	Concretagem paredes Etapa 2

(fonte: NEXGROUP, 2014, modificado pelo autor)

Já ao **terceiro dia** do ciclo, é iniciado o posicionamento da parte interna da fôrma das paredes e concretados os pilares internos. Ao mesmo tempo, a fôrma das paredes externas da etapa 2 é erguida e são iniciados os serviços de posicionamento de armadura.

No **quarto dia** do ciclo é feita a desfôrma dos pilares da etapa 1, sendo movidas para a etapa 2 de modo a permitir o posicionamento do escoramento e fôrma da laje da etapa 1. Os serviços de armadura e tubulações de paredes são continuados na etapa 2, porém o posicionamento e concretagem dos pilares internos é postergado para o dia seguinte, devido à necessidade de carpinteiros na fôrma da laje.

Ao **quinto dia** do ciclo é iniciado o posicionamento de armadura e tubulações da laje da etapa 1 e são posicionadas as fôrmas dos pilares e paredes internas da etapa 2, agora que há carpinteiros disponíveis.

Já **no sexto dia**, a armadura e tubulações da laje da etapa 1 é concluída, sendo feita a concretagem deste trecho a tarde, juntamente com a concretagem dos pilares da etapa 1.

Por fim, ao **sétimo dia**, é realizada a concretagem das paredes da etapa 2. No dia seguinte, o ciclo é reiniciado com a elevação das paredes externas da etapa 1.

6.4.7.2 Ciclo Real

Através do acompanhamento da obra, pôde-se notar dificuldade em relação aos curtos prazos previstos para a execução do ciclo de um pavimento da supraestrutura de concreto, tendo sido realizado pela obra um ciclo entre 11 e 26 dias úteis.

Através do quadro 10, pode-se notar que o segundo e o terceiro pavimento consumiram mais tempo, devido à necessidade da montagem dos patamares das fôrmas autotrepantes a cada elevação, atrasando o ciclo até estar completa, no 4º pavimento. Ainda assim, após a sua completa montagem, não houve redução significativa do ciclo em relação ao 3º pavimento, ficando o ciclo de cada etapa entre 11 e 14 dias úteis. No anexo A estão as datas de início e fim de cada etapa do ciclo.

Quadro 10 – Dias úteis do ciclo de cada etapa por pavimento

Pavimento	Local	Dias Úteis
2º Pavimento	Etapa 1	20
	Etapa 2	26
3º Pavimento	Etapa 1	14
	Etapa 2	14
4º Pavimento	Etapa 1	13
	Etapa 2	12
5º Pavimento	Etapa 1	14
	Etapa 2	13
6º Pavimento	Etapa 1	11
	Etapa 2	13

(fonte: elaborado pelo autor)

A dificuldade em reduzir os ciclos, de maneira a chegar no ciclo proposto de 7 dias é principalmente em virtude da mão de obra, que não executa os serviços propostos respeitando os prazos estabelecidos pelo ciclo, seja por falta de funcionários ou má qualificação da mesma. Assim, por mais que teoricamente o sistema de fôrmas proporcione ciclos reduzidos, a complexidade e os detalhes das fôrmas (em virtude do concreto aparente) aliados à falta de experiência da mão de obra com o sistema adotado acaba por atrasar o ciclo, demorando até o dobro do tempo.

6.5 ENSAIOS IN LOCO

Como indicativo da durabilidade da estrutura em concreto aparente, foram realizados ensaios de absorção nos pilares internos com tempo de concretagem maior que 28 dias, ou seja, já tendo atingido a resistência de projeto e estando próximo da resistência final. Ainda em relação à durabilidade, para lajes e pilares foi feita uma avaliação da abertura de fissuras de modo a relacionar também com a entrada de agentes agressivos.

6.5.1 Ensaio de Absorção

Os ensaios de absorção foram realizados através do método do cachimbo, no dia 21 de outubro de 2014. Para o ensaio, foram primeiramente escolhidos três pilares, concretados em três datas diferentes e, para cada um deles, utilizados quatro cachimbos, sendo dois localizados na parte superior do pilar e dois na parte inferior, de fôrma a relacionar com a

diferença de adensamento de cada uma dessas camadas. Foram ensaiados apenas os pilares com mais de 28 dias de idade, de forma a ter a resistência à compressão mais próxima da resistência final. O quadro 11 identifica as características dos pilares ensaiados.

Quadro 11 – Características dos pilares ensaiados à absorção de água pelo método do cachimbo

Local	Elemento	Data Concretagem	Data do Ensaio	Idade Elemento (dias)	Slump (mm)	Tipo de Cimento	Fck 28 dias (MPa)
2º Pavimento	P8	20/ago	21/out	62	120	CP IV	40,6
3º Pavimento	P17	03/set	21/out	48	90	CP V-ARI	38,7
3º Pavimento	P8	15/set	21/out	36	80	CP V-ARI	38,2

(fonte: elaborado pelo autor)

Uma vez definidos os pilares a serem ensaiados, deu-se início ao procedimento, primeiramente fixando os cachimbos nos pilares através de um adesivo de silicone, vedando a interface entre pilar e cachimbo para não haver fuga de água. Depois de fixado e um período de secagem de cerca de 20 minutos, os cachimbos foram preenchidos com água, sendo medidas as diferenças da coluna de água nos intervalos de 5 minutos, 15 minutos e 1 hora. Na figura 47, pode-se ver um dos cachimbos fixado em um dos pilares ensaiados.

Figura 47 – Vista do cachimbo de vidro utilizado para ensaio de absorção de água



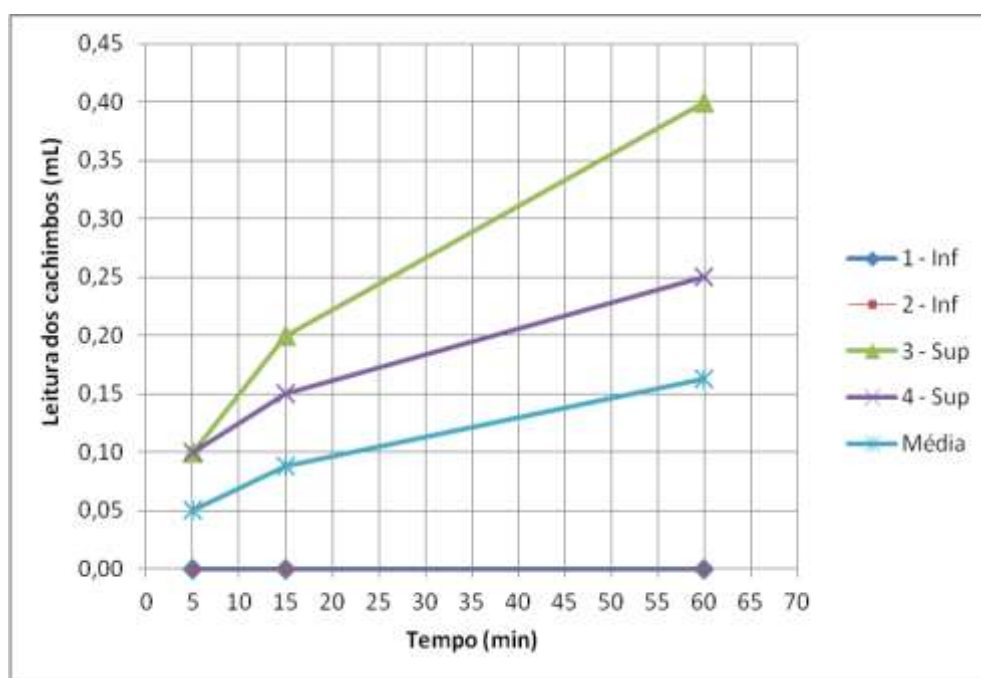
(fonte: foto do autor)

Devido à possibilidade de impregnação com silicone ou manchamento no pilar após a retirada do cachimbo, os mesmos foram fixados nos cantos do pilar, no trecho em que há uma parede de alvenaria dividindo o banheiro da cozinha, não havendo portanto, problemas caso a superfície ficasse com sua estética prejudicada. Porém, não foi constatado nenhum manchamento ou impregnação dos locais ensaiados, ficando apenas a mancha d'água. Também se procurou fixar os cachimbos em superfície homogênea, lisa e livre de imperfeições, como bolhas ou vazios, de maneira a não influenciar na absorção de água. Os resultados dos ensaios são apresentados com a absorção registrada em cada um dos cachimbos, podendo a tabela detalhada ser consultada no anexo B e os dados dos elementos avaliados no anexo C. A seguir podem ser vistos os gráficos e as características resumidas dos elementos avaliados.

a) pilar P8 do 2º pavimento (figura 48):

- face voltada para o banheiro;
- concreto com cimento CP IV;
- resistência à compressão do concreto de 40,6 MPa;
- idade de 62 dias.
- cachimbos inferiores não absorveram água.

Figura 48 – Absorção de água pelo método do cachimbo (pilar P8 do 2º pavimento)

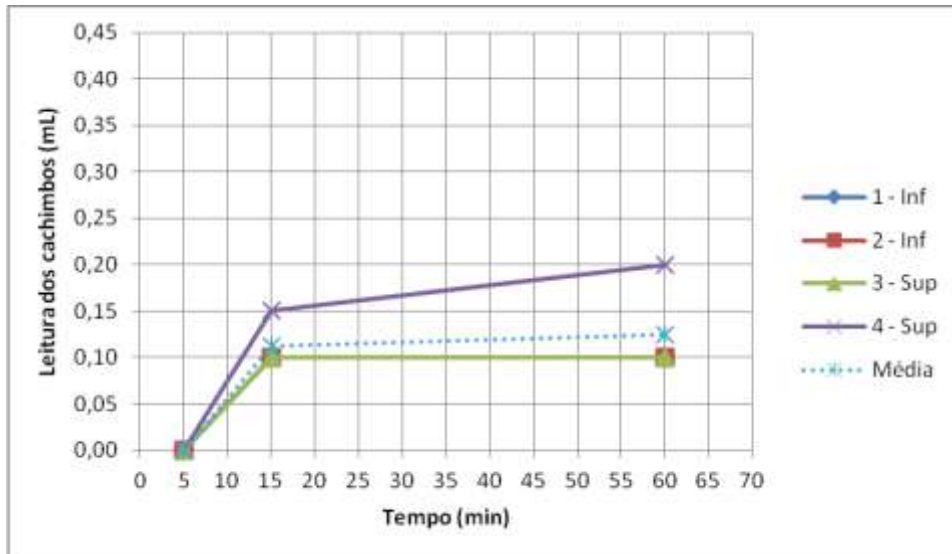


(fonte: elaborado pelo autor)

b) pilar P17 do 3º pavimento (figura 49):

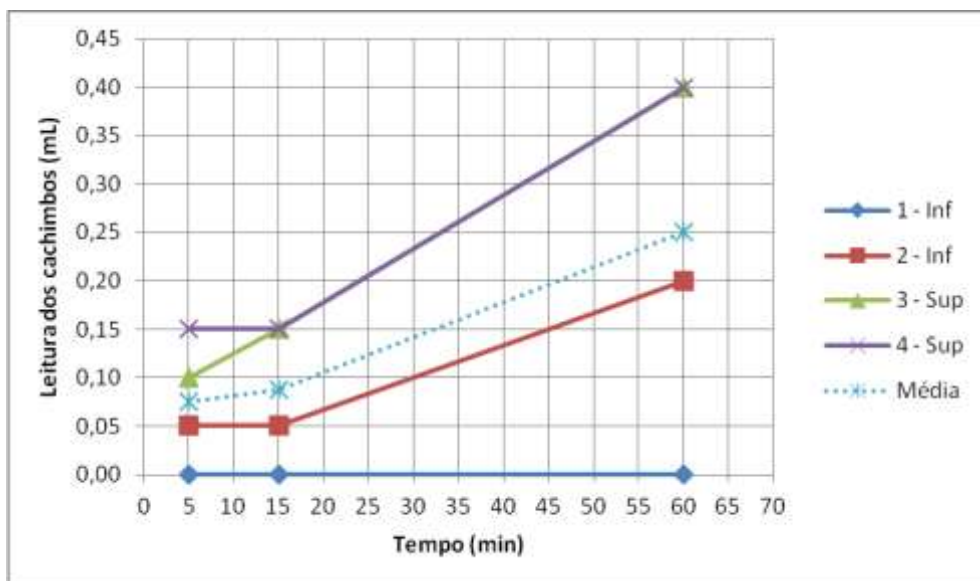
- face voltada para o banheiro;
- concreto com cimento CP V-ARI;
- resistência à compressão do concreto de 38,7 MPa;
- idade de 48 dias.

Figura 49 – Absorção de água pelo método do cachimbo (pilar P17 do 3º pavimento)



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 50 – Absorção de água pelo método do cachimbo (pilar P8 do 3º pavimento)



(fonte: elaborado pelo autor)

c) pilar P8 do 3º pavimento (figura 50):

- face voltada para o banheiro;
- concreto com cimento CP V-ARI;
- resistência à compressão do concreto de 38,2 MPa;
- idade de 32 dias.

Analisando os resultados, pode-se notar que a maior absorção de água se dá nas camadas superiores dos pilares, condizendo com um menor adensamento do local devido à menor pressão de concreto exercida, formando-se assim mais poros interconectados, apesar do local apresentar maior facilidade de adensamento mecânico. Ainda assim, as regiões inferiores dos pilares apresentaram resultados distintos, desde nenhuma absorção à resultados próximos das camadas superiores, podendo assim ser decorrentes de um menor adensamento mecânico ou ainda das condições das fôrmas, podendo não estarem umedecidas no momento da concretagem, captando água da camada superficial e deixando uma maior quantidade de poros interconectados.

Essa maior absorção de água nas camadas superiores indica uma maior facilidade da penetração de agentes agressivos, e, ainda que os pilares estejam em ambiente interno, eles estarão sujeitos à ação da umidade (face voltada aos banheiros) e do gás carbonico presente no ar, havendo condições para o início da carbonatação da camada superficial de concreto e futura corrosão de armaduras, comprometendo ao longo do tempo a durabilidade e a estética da estrutura em concreto aparente.

Comparando os resultados de absorção de água com resultados de absorção de água em revestimentos argamassados, observa-se que a absorção apresentada pelos pilares é no mínimo 2 vezes menor e até 7,5 vezes menor, ainda que comparada a absorção em 1 hora dos pilares em relação a 15 minutos do revestimento em argamassa ensaiado por Fernandes (2012).

Em relação aos vazios e bolhas encontrados nessas estruturas, deve-se fazer o preenchimento delas, e, apesar de não ser a melhor opção de acabamento estético, é necessário para evitar que se tenha pontos de menor cobrimento de armadura e que facilitem a entrada e o acúmulo de agentes agressivos, resultando na carbonatação do concreto e corrosão da armadura.

6.5.2 Abertura de Fissuras

No dia 6 de novembro de 2014 foi realizada uma avaliação da estrutura a fim de identificar fissuras que pudessem representar um meio de entrada de agentes agressivos e que comprometessem a estética – em virtude da dimensão, espessura e profundidade da fissura.

Para a realização dessa avaliação, foi utilizado um fissurômetro, com escala de 0,1 mm à 3,2 mm, sendo posicionado sobre a fissura a ser avaliada de modo a preencher a fissura com o traço marcado no fissurômetro correspondente à sua espessura. Foram avaliados os pilares e lajes do 2º, 3º, 4º e 5º pavimentos e também os pilares do 6º pavimento.

Procedendo a avaliação, foram identificados pontos com aberturas entre 0,1 mm e 0,30 mm, predominando a faixa entre 0,1 e 0,15 mm. Ainda assim, foram poucos os locais onde foram detectadas fissuras, ocorrendo na maior parte das vezes nas lajes. A faixa de fissuras entre 0,1 e 0,15 mm foi de difícil percepção, possivelmente não sendo percebidas no dia a dia do usuário final. Já as fissuras da faixa entre 0,25 e 0,30 mm foram de fácil percepção, consistindo em um problema estético. O quadro 12 identifica os locais onde houve a detecção de fissuras.

Quadro 12 – Locais de detecção de fissuras e suas dimensões

Pavimento	Elemento	Cimento	Dimensão Fissuras	Local	Observação
2º	Pilar P8	CP IV	0,15 mm	Distribuída no elemento	Difícil Visualização
2º	Laje	CP V-ARI	0,25 a 0,30 mm	Distribuída no elemento	Visível
3º	Pilar P17	CP V-ARI	0,10 mm	Próximo espaçador cone 3/4	Difícil Visualização
3º	Laje	CP V-ARI	0,15 mm	Próximo caixas elétricas	Difícil Visualização
4º	Laje	CP IV	0,10 mm	Próximo caixas elétricas	Difícil Visualização
5º	Laje	CP IV	0,10 mm	Próximo caixas elétricas	Difícil Visualização

(fonte: elaborado pelo autor)

6.5.2.1 Lajes

A abertura de fissuras de maior extensão detectada nas lajes ocorreu provavelmente devido à retração por secagem, tendo a fôrma absorvido a água da camada de nata do concreto. Os outros locais de ocorrência de fissuras em laje ficaram situados em torno das caixas elétricas embutidas na laje, ocorrendo então devido à concentração de tensões nesses locais. Na figura 51 pode-se ver um dos locais de laje com fissuras de maior abertura e extensão, sendo esta da ordem de 0,30 mm.

Apesar da grande extensão e maior abertura, as fissuras em lajes consistem mais em um problema estético do que de durabilidade. Isso se deve ao fato desses locais não contarem com situação de umidade, e, mesmo havendo carbonatação do concreto no futuro, a corrosão de armaduras é improvável, devido à falta de água para gerar eletrólitos. Porém, se não for feito um tratamento, a carbonatação pode gerar maior fissuração, decorrente da retração por carbonatação.

Figura 51 – Fissura de grande extensão em uma laje (0,30 mm de largura)



(fonte: foto do autor)

6.5.2.2 Pilares

Apenas dois dos quinze pilares avaliados apresentaram fissuras, ocorrendo na faixa entre 0,1 e 0,15 mm, situando-se principalmente perto do detalhe dos espaçadores em cone $\frac{3}{4}$, devido à concentração de tensões no local e movimentação do espaçador. Assim, a abertura de fissuras fica abaixo dos 0,2 mm, garantindo assim uma melhor qualidade do concreto, ainda que fiquem expostas à umidade cíclica dos banheiros. Em relação à estética, como explicitado anteriormente, essas fissuras não consistem em um problema, uma vez que também há pouquíssimas fissuras presentes nos pilares.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do acompanhamento e análise dos projetos e procedimentos executivos adotados pela obra foi possível perceber que o concreto aparente é um material de boa qualidade e grande apelo estético, mas necessita de uma mão de obra qualificada e cuidadosa, primando pelos detalhes envolvidos durante sua execução para obter uma boa superfície de acabamento.

Assim, ainda que houvessem vários pontos com defeitos no acabamento superficial, em média, a qualidade de acabamento foi boa, proporcionando um superfície esteticamente agradável ao usuário e com condições de durabilidade ao longo do tempo. Porém, em todos os defeitos encontrados, deve-se atentar para que sejam corrigidos, de forma a evitar a incidência de carbonatação onde houve bolhas, vazios e agregados expostos, assim como uniformizar a superfície nos locais de aparecimento de manchas pontuais. Outro problema a ser resolvido é que, após o lixamento (nos locais manchados) e aplicação de camada superficial de argamassa (nos locais com bolhas, vazios e agregado exposto), a superfície não fique com diferença de cor em relação ao restante do ambiente.

Quanto ao sistema de fôrmas adotado em virtude do tipo de estrutura proposta no projeto, foi possível perceber que esse sistema (de fôrmas trepantes e autotrepantes), aliado à fôrma paginada, permite uma maior racionalização do material e mão de obra e uma maior limpeza da frente de trabalho, não havendo praticamente a necessidade de fazer cortes e arremates nas fôrmas, economizando tempo nestes serviços. Apesar disso, foi constatado que o ciclo de 7 dias úteis, proposto pela obra, não estava sendo alcançado, levando até o dobro do tempo, evidenciando assim a dificuldade da mão de obra em se adaptar a esse sistema construtivo.

A partir da análise dos projetos, notou-se que os mesmos foram modificados priorizando uma maior amplitude dos apartamentos e a presença do concreto aparente. Assim, foi modificados o sistema hidrossanitário das cozinhas, retirando a caixa de gordura e propondo uma caixa geral para o prédio, e as linhas do ar condicionado, ainda que tenham prejudicado a disposição das evaporadoras nos ambientes.

Quanto aos ensaios realizados, verificou-se que há absorção de água pelos pilares, e, ainda que em valores pequenos, é um indicativo da possibilidade de entrada de agentes agressivos,

podendo ao longo do tempo ter influência na durabilidade ou estética desses elementos, devido a sua localização em uma área molhada. Em relação às fissuras, houve baixa incidência, devendo-se fechar as fissuras encontradas com uma fina camada de argamassa (no caso de fissuras não ativas), de modo a prevenir a entrada de agentes agressivos e melhorar a estética do ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. Concreto Aparente: mais que tendência, representa eterna modernidade. **Cruzeiro do Sul**, Sorocaba, 2011. Disponível em: <<http://www.cruzeirodosul.inf.br/materia/343288/concreto-aparente-mais-que-tendencia-representa-eterna-modernidade>>. Acesso em 25 nov. 2014
- ANDRADE, T.; HELENE, P.; Concreto de Cimento Portland. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais**. 1. ed. São Paulo: Ibracon, 2007. v. 2. p. 905-944.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733**: cimento portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991.
- _____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- _____. **NBR 7221**: agregado – índice de desempenho de agregado miúdo contendo impurezas orgânicas – método de ensaios. Rio de Janeiro, 2012.
- BASF. Masterforma. Basf, 2014. Disponível em: <http://casae.basf.com.br/sac/web/casae/pt_BR/produtos/masterforma> Acesso em: 25 nov. 2014.
- CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R. Madeiras para Fôrmas e Escoramentos de Estruturas. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais**. 1. ed. São Paulo: Ibracon, 2007. v. 2. p. 1231-1262.
- CARDILLI, J. Pontes e viadutos de SP sofrem com manchas e buracos no concreto. **G1**, São Paulo, não paginado, 17 mar. 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2012/03/pontes-e-viadutos-de-sp-sofrem-com-manchas-e-buracos-no-concreto.html>>. Acesso em: 6 out. 2013.
- COMPENSADOS TREVO. **Compensado Plastificado**. Ipatinga, 2013. Disponível em: <http://www.compensadostrevo.com.br/compensado-resinado-cru/>. Acesso em: 18 dez. 2013.
- CONCRETO Aparente Valoriza o Imóvel. **AECweb**, São Paulo, [ca. 2012]. Disponível em: http://www.aecweb.com.br/cont/n/concreto-aparente-valoriza-o-imovel_7391 Acesso em 25/11/2014
- COUTINHO, A. **Fabrico e propriedades do betão**. Lisboa: LNEC, 1973, v.2.
- FERNANDES, W. L. Desempenho Mecânico de Revestimento Interno de Parede Produzido com Argamassa Projetada Aplicado sobre Blocos Cerâmicos Lisos. 2012, 73f. Trabalho de Diplomação (Graduando em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/79789/000897539.pdf?sequence=1>> Acesso em 25/11/2014.

GUIMARÃES, J. O Charme do Concreto Aparente. **IG**, São Paulo, 22 fev. 2012. Disponível em: <<http://delas.ig.com.br/casa/arquitetura/o-charme-do-concreto-aparente/n1237580581293.html>> Acesso em: 25 nov. 2014

GRUPO MONTARE COMPENSADOS E MADEIRITES. **Linha de Produtos** Curitiba, 2013. Apresenta catálogo de produtos. Disponível em: <http://www.montarecompensados.com.br/produto>. Acesso em: 26 nov. 2013.

HATTGE, A. F. **Estudo comparativo sobre a permeabilidade das alvenarias em blocos cerâmicos e alvenaria em blocos de concreto**. 2004. 136 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5610/000473072.pdf?sequence=1>>. Acesso em 26 nov. 2013

ISAIA, G. C. **Controle de Qualidade das Estruturas de Concreto Armado**. Santa Maria: Edições UFSM, 1988.

KIRCHHEIM, A. P. **Concreto de Cimento Portland Branco Estrutural: avaliação da carbonatação e absorção capilar**. 2003. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4460/000411974.pdf?sequence=1>> Acesso em 26 nov. 2013.

LOPES CONSULTORIA DE IMÓVEIS. **Max Haus Porto Alegre**, Porto Alegre, 2014. Disponível em: http://www.lopes.com.br/imovel/nex-group/rs/porto-alegre/petr%C3%B3polis/apartamento/maxhaus-porto-alegre/4280?lpsmidiaorigem=pg:S|ft:google|camp:GA-RS-LPS-Lopes-Empreendimentos-N|kw:Maxhaus_&lpsCanalContato=Chat%20Site%20Lopes&gclid=CLTL54WJucECFUgA7AodeFkAqA Acesso em: 01 dez. 2014.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 1. Ed. São Paulo: Pini, 1994.

MOLIN, D. D. Durabilidade do Concreto e Sustentabilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 53, 2011, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** São Paulo: IBRACON, 2011. Mão paginado. Disponível em: <<http://www.ibracon.org.br/eventos/53CBC/pdfs/denize.pdf>> Acesso em: 25 nov. 2014.

MOREIRA, M. da F. G. F. P. **Superfícies de Betão Aparente**. 1991. 178 f. Tese (Mestrado em Construção de Edifícios) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 1991. Disponível em: <<http://www.engenhariacivil.com/elementos-betao-aparente>>. Acesso em: 13 out. 2013.

NEPOMUCENO, A. A. Mecanismo de Transporte de Fluidos no Concreto. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. 1. ed. São Paulo: Ibracon, 2005. p. 793-827.

NEX GROUP. **Memorial Descritivo Max Haus Porto Alegre**. Porto Alegre, 2013. Disponível em:

<<http://construtivo4.construtivo.com/forums/capa/dispatch.cgi/memoriaisDescritivo/docProfile/100132/d20121112163802/No/t100132.htm>¹⁶>. Acesso em: 7 out. 2013

_____. **Documentos Técnicos**. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://construtivo4.construtivo.com/forums/capa/dispatch.cgi/obra_1010_doc_tecnicos/showFolder/100001¹⁷>. Acesso em: 30 out. 2014

OBRA, Arquitetura. Rio de Janeiro. Fundação Oscar Niemeyer, 2014. Apresenta obras de Oscar Niemeyer. Disponível em: <<http://www.niemeyer.org.br/obras>> Acesso em 25 nov. 2014

PALMASOLA SA. **Produtos**. Palma Sola, 2013. Disponível em: <<http://www.palmasola.com.br/produtos>>. Acesso em: 26 nov.2013.

PINI. Estruturas à mostra. **Techne**. São Paulo, v.81, dez 2003. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/81/artigo286269-1.aspx>> Acesso em: 25 nov. 2014

POSSAN, E. **Moldagem da Carbonatação e Previsão de Vida Útil de Estruturas de Concreto em Ambiente Urbano**. 2010. 263 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28923/000773564.pdf?sequence=1>. Acesso em: 11 mar. 2013.

PRIMEWOOD COMPENSADOS. **Apresenta Catálogo de Produtos**. Pinhais, c2012. Disponível em <<http://compensado.eng.br/>>. Acesso em: 26 nov. 2013.

PRUDÊNCIO, J. W. **Tecnologia Concreto Aparente**. [S. l.]: Concremat Engenharia e Tecnologia, [ca. 1979].

ROCAELI COMPENSADOS. **Catálogo de Produtos**. Curitiba, 2013. Disponível em <<http://www.rocaeli.com.br/resinados.asp>>. Acesso em: 26 nov. 2013.

SÁ, D. de A força exposta do concreto. **Decor: arquitetura & interiores**, Goiânia, ano IV, n. 14, p. 12-17, dez. 2010. Disponível em: <http://tlgomes.files.wordpress.com/2011/01/decorgyn14_low.pdf> Acesso em: 6 out. 2013.

SILVA, P. F. A. **Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1995.

SILVA, M. G. da. Cimento Portland com Adições Minerais. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais**. 1. ed. São Paulo: Ibracon, 2007. v. 2. p. 761-793.

SIKA. **Desmoldantes**. Sika, 2014. Disponível em: <http://bra.sika.com/pt/solutions_products/02/02a001/02a001sa02/02a001sa02ssa01/02a001sa02ssa01100/02a001sa02ssa01104.html> Acesso em: 25 nov. 2014.

VEDACIT. **Desmol CD**. Vedacit, 2014. Disponível em: <<http://www.vedacit.com.br/neu/produtos.php?48#1>> Acesso em: 25 nov. 2014.

¹⁶ Para acesso, o site requer usuário e senha do colaborador da empresa.

¹⁷ Para acesso, o site requer usuário e senha do colaborador da empresa.

_____. **Desmol**. Vedacit, 2014. Disponível em:
<<http://www.vedacit.com.br/neu/produtos.php?46,10>> Acesso em: 25 nov. 2014.

_____. **Desmol RD**. Vedacit, 2014. Disponível em:
<<http://www.vedacit.com.br/neu/produtos.php?207,10>> Acesso em: 25 nov. 2014.

ANEXO A – Tabela do Ciclo

Pavimento	Trecho	Local	Início	Fim	Ciclo (dias úteis)
2º Pavimento	1	Pilares Térreo - 2º	04/ago	20/ago	20
		Paredes Térreo - 2º	04/ago	21/ago	
		Laje 2º	22/ago	30/ago	
	2	Pilares Térreo - 2º	04/ago	20/ago	26
		Paredes Térreo - 2º	04/ago	26/ago	
		Laje 2º	27/ago	08/set	
3º Pavimento	1	Pilares 2º ao 3º	01/set	03/set	14
		Paredes 2º ao 3º	01/set	09/set	
		Laje 3º	10/set	18/set	
	2	Paredes 2º ao 3º	09/set	15/set	14
		Pilares 2º ao 3º	09/set	15/set	
		Laje 3º	16/set	26/set	
4º Pavimento	1	Pilares 3º ao 4º	19/set	24/set	13
		Paredes 3º ao 4º	19/set	30/set	
		Laje 4º	01/out	07/out	
	2	Pilares 3º ao 4º	29/set	01/out	12
		Paredes 3º ao 4º	29/set	06/out	
		Laje 4º	07/out	14/out	
5º Pavimento	1	Pilares 4º ao 5º	08/out	13/out	14
		Paredes 4º ao 5º	08/out	20/out	
		Laje 5º	21/out	27/out	
	2	Paredes 4º ao 5º	15/out	22/out	13
		Pilares 4º ao 5º	15/out	22/out	
		Laje 5º	24/out	01/nov	
6º Pavimento	1	Pilares 5º ao 6º	28/out	04/nov	11
		Paredes 5º ao 6º	28/out	05/nov	
		Laje 6º	06/nov	11/nov	
	2	Pilares 5º ao 6º	03/nov	06/nov	13
		Paredes 5º ao 6º	03/nov	10/nov	
		Laje 6º	11/nov	19/nov	

ANEXO B – Tabela dos Ensaio de Absorção

Local		Cachimbo	Absorção [mL]			Velocidade [mL/min]
			5 minutos	15 minutos	1 hora	
Pilares do Térreo ao 2º(P8) - Etapa 2	Base Pilar	1	0,00	0,00	0,00	0,0000
		2	0,00	0,00	0,00	0,0000
		Média	0,00	0,00	0,00	0,0000
		Desvio Padrão	0,00	0,00	0,00	-
		Máximo	0,00	0,00	0,00	0,0000
		Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,0000
	Topo Pilar	3	0,10	0,20	0,40	0,0067
		4	0,10	0,15	0,25	0,0042
		Média	0,10	0,18	0,33	0,0054
		Desvio Padrão	0,00	0,04	0,11	-
		Máximo	0,10	0,20	0,40	0,0067
		Mínimo	0,10	0,15	0,25	0,0042
Pilares 2º ao 3º (P17) - Etapa 1	Base Pilar	1	0,00	0,10	0,10	0,0022
		2	0,00	0,10	0,10	0,0017
		Média	0,00	0,10	0,10	0,0017
		Desvio Padrão	0,00	0,00	0,00	-
		Máximo	0,00	0,10	0,10	0,0017
		Mínimo	0,00	0,10	0,10	0,0017
	Topo Pilar	3	0,00	0,10	0,10	0,0017
		4	0,00	0,15	0,20	0,0033
		Média	0,00	0,13	0,15	0,0025
		Desvio Padrão	0,00	0,04	0,07	-
		Máximo	0,00	0,15	0,20	0,0033
		Mínimo	0,00	0,10	0,10	0,0017
Pilares 2º ao 3º (P8) - Etapa 2	Base Pilar	1	0,00	0,00	0,00	0,0000
		2	0,05	0,05	0,20	0,0033
		Média	0,03	0,03	0,10	0,0017
		Desvio Padrão	0,04	0,04	0,14	0,0024
		Máximo	0,05	0,05	0,20	0,0033
		Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,0000
	Topo Pilar	3	0,10	0,15	0,40	0,0067
		4	0,10	0,15	0,40	0,0067
		Média	0,10	0,15	0,40	0,0067
		Desvio Padrão	0,00	0,00	0,00	-
		Máximo	0,10	0,15	0,40	0,0067
		Mínimo	0,10	0,15	0,40	0,0067

ANEXO C – Dados dos Elementos Avaliados no Ensaio de Absorção

Local	Elemento	Data Concretagem	Data Ensaio	Idade Elemento (dias)	Abatimento (mm)	Tipo Cimento	Fck 28 dias(MPa)
Pilares T-2º - Etapa 2	P8	20/ago	21/out	62	120	CP IV -32	40,6
Pilares 2-3º - Etapa 1	P11/P17	03/set	21/out	48	90	CP V - ARI	38,7
Pilares 2-3º - Etapa 2	P8/P16	15/set	21/out	36	80	CP V - ARI	38,2