

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL**

JOAO ANTONIO LARA BARBOSA

**ANÁLISE DE PATOLOGIAS GERADAS NA INTERFACE
ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA E ESTRUTURA CONVENCIONAL –
ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2014

JOAO ANTONIO LARA BARBOSA

**ANÁLISE DE PATOLOGIAS GERADAS NA INTERFACE
ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA E ESTRUTURA CONVENCIONAL –
ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada ao Departamento de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Civil.

Orientador: Prof. Msc. Amacin Rodrigues Moreira

CURITIBA

2014



Ministério da Educação

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ

Campus Curitiba – Sede Ecoville
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Curso de Engenharia de Produção Civil

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DE PATOLOGIAS GERADAS NA INTERFACE ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA E ESTRUTURA CONVENCIONAL – ESTUDO DE CASO

Por

JOAO ANTONIO LARA BARBOSA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 20 de Março de 2014, pela seguinte banca de avaliação:

Prof. Orientador Amacin Rodrigues Moreira, Msc.
UTFPR

Prof. Rogério Francisco Kuster Puppi, Dr.
UTFPR

Prof. José Manoel Caron, Msc.
UTFPR

UTFPR - Deputado Heitor de Alencar Furtado, 4900 - Curitiba - PR Brasil
www.utfpr.edu.br dacoc-ct@utfpr.edu.br telefone DACOC: (041) 3373-0623

OBS.: O documento assinado encontra-se em posse da coordenação do curso.

RESUMO

Para que as obras da construção civil terminem dentro do prazo estimado, muitas vezes se faz necessário a utilização de técnicas que otimizem o tempo de produção. Uma das técnicas utilizadas é o uso de estruturas pré-moldadas juntamente com estruturas de concreto convencional. Com o intuito de analisar as patologias que ocorrem nesta interface, o presente trabalho faz um estudo de caso em uma obra residencial de grande porte na cidade de Curitiba – PR. As amostras analisadas apresentaram trincas, rachaduras, fissuras e falhas de concretagem, na maioria das vezes causadas por falha na execução seguidas de falhas de projeto. Para se evitar estas patologias, sugere-se investimento em mão-de-obra mais qualificada e no caso dos erros de execução, uma melhor compatibilização dos projetos. A importância de evitar estas patologias se dá pelo fato da ocorrência de problemas estéticos, funcionais e até estruturais, colocando em risco as obras, comprometendo a durabilidade da estrutura, e segurança do local.

Palavras-chave: Concreto. Patologias. Estrutura. Pré-moldado. Estruturas. Convencionais.

ABSTRACT

For civil engineering construction works to finish within the estimated timeline, it is often necessary the use of techniques that optimize the production time. One of the techniques is the use of pre-molded structures along with conventional concrete structures. With the intent of analyzing the pathologies that occurs in this interface, the current work does a case study in a large residential site at the city of Curitiba - PR. The analyzed samples displayed chips, cracks, fissures and concreting flaws, most of the times caused by execution flaws followed by project flaws. To avoid these kinds of pathologies, it is suggested an investment in more qualified work labor and in the case of execution errors, a better compatibility of the projects. The importance of avoiding such pathologies is due to the fact of the occurrence of aesthetical, functional and even structural problems, putting the sites at risk, compromising their durability and the safety of the location.

Key-words: Concrete. Pathologies. Structure. Pre-molded. Conventional. Structures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Manifestações patológicas em uma estrutura de concreto armado.....	17
Figura 2 : Algumas configurações genéricas de fissuras em função do tipo de solicitação predominante.....	21
Figura 3: Fissuração em viga submetida a flexocompressão.	22
Figura 4: Retração do concreto.	22
Figura 5: Esquema laje maciça	25
Figura 6: Esquema laje nervurada	26
Figura 7: Galpão em Guarulhos	29
Figura 8: Sistema “Tilt-up”	30
Figura 9: Pilares pré-fabricados.....	33
Figura 10: Vigas pré-fabricados.....	33
Figura 11: Lajes pré-fabricados	34
Figura 12: Exemplos de Consolo e Dente Gerber.....	36
Figura 13: Critérios para manutenção das estruturas	38
Figura 14: Aspecto final da cavidade na intervenção de corte de concreto	41
Figura 15: Remoção de concreto excedente.....	42
Figura 16: Reparos Localizados Superficiais	43
Figura 17: Reparos Localizados Profundos	44
Figura 18: Passivação de armaduras e injeção de fissuras por epóxicos.....	45
Figura 19: Preparação da superfície e arredondamento de cantos vivos.	46
Figura 20: Corte e primeira imprimação.	46
Figura 21: Aplicação da fibra e segunda camada de saturação.	47
Figura 22: Aplicação da camada de proteção e/ou estética.....	47
Figura 23: Implantação geral do empreendimento.....	48
Figura 24: Estrutura convencional e pré-moldado.....	49
Figura 25: Categorias constantes na tabela de coleta de dados.	50
Figura 26: V205b – Projeto estrutura convencional	53
Figura 27: VF252 – Projeto estrutura pré-moldada	54
Figura 28: Seção da viga VF252 – Projeto estrutura pré-moldada	54
Figura 29: Descolamento da emenda na viga (limpeza)	55
Figura 30: Evolução das Fissuras	55
Figura 31: Início da limpeza	56
Figura 32: Preenchimento da rachadura da viga (1ª camada).	56
Figura 33: Preenchimento da rachadura da viga (2ª camada).	57

Figura 34: Preenchimento da rachadura da viga (acabamento)	57
Figura 35: Reforço estrutural com fibra de carbono.	58
Figura 36: Reforço estrutural com fibra de carbono.	58
Figura 37: Acabamento final do sistema de fibra de carbono.	59
Figura 38: Junta de dilatação - Arquitetônico.	60
Figura 39: Junta de dilatação – Estrutura Convencional.	60
Figura 40: Junta de dilatação – Estrutura Pré-moldada.	61
Figura 41: Trinca na laje pré-moldada.....	62
Figura 42: Trinca na laje e viga pré-moldada.	62
Figura 43: Execução do corte.....	63
Figura 44: Fissuração do piso após reparos	64
Figura 45: Detalhe das vigas V153 e V152	64
Figura 46: Vigas V153 e V152 – situação executada.....	65
Figura 47: Fissuração em console	66
Figura 48: Fissuração em apoio de laje pré-moldada	66
Figura 49: Fissuração e desagregação de concreto em apoio de laje pré-moldada.....	67
Figura 50: Fissuração na laje pré-moldada e console.....	67
Figura 51: Falha de concretagem em apoio.....	68
Figura 52: Falha de concretagem em apoio.....	68
Figura 53: Falha de concretagem em apoio.....	69
Figura 54: Cortina de concreto armado e estrutura pré-moldada	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tipos de danos - 2013.....	14
Tabela 2 - Análise percentual das causas de problemas patológicos em estruturas de concreto - 1998.....	15
Tabela 3 - Processos físicos de deterioração das estruturas de concreto - 1998.....	19

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Incidência de patologias específicas.	71
Gráfico 2: Quantificação dos tipos de danos causados.	72
Gráfico 3: Quantificação dos prováveis agentes causadores das patologias.	73
Gráfico 4: Incidência das patologias nos elementos estruturais.	74

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo Geral.....	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	14
2.1.1 Patologias de concreto armado.....	15
2.1.2 Patologias referentes a falhas na concepção de projetos.....	17
2.1.2 Patologias geradas na etapa de execução da estrutura	18
2.1.3 Sintomas patológicos das estruturas: Processos físicos.....	18
2.1.3.1 Fissuração	20
2.1.3.1 Deficiências de projeto.....	21
2.1.3.2 Retração do concreto.....	22
2.1.3.3 Desagregação do concreto.....	23
2.2 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL.....	23
2.2.1 Concreto	23
2.2.2 Concreto Armado	24
2.2.3 Estruturas de concreto armado convencional	24
2.2.3.1 Lajes	24
2.2.3.2 Vigas.....	26
2.2.3.2 Pilares.....	26
2.2.4 Formas e Escoramentos	26
2.3. ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO PRÉ – MOLDADAS	27
2.3.1 Situação de mercado de estruturas pré-moldadas.....	27
2.3.2 Definição de Estruturas pré-moldadas	28
2.3.2.1 Estrutura tipo esqueleto	28

2.3.2.2 Sistema Tilt-up	29
2.3.2.3 Pisos e coberturas	30
2.3.3 Produção de elementos pré-moldados.....	30
2.3.4 Modulação	31
2.3.5 Montagem de uma estrutura pré-moldada	32
2.4 ELEMENTOS DE INTERAÇÃO	34
2.4.1 Ligações	34
2.4.2 Consoles.....	35
2.5 JUNTA DE DILATAÇÃO	37
2.6 REPAROS EM ESTRUTURAS.....	37
2.6.1 Manutenção Estrutural	37
2.6.2 Etapas do Diagnóstico.....	38
2.6.3 Reparo da Estrutura	39
2.6.3.1 Polimento	40
2.6.3.2 Saturação.....	40
2.6.3.3 Corte ou remoção de concreto	40
2.6.3.4 Reparos com Argamassas.....	42
2.6.3.5 Reforços.....	44
2.6.3.6 Reforços com Fibras de Carbono	44
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
3.1 METODOLOGIA	48
3.2 MAPEAMENTO.....	50
3.3 QUANTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
4.1 ANÁLISE DA AMOSTRA 01 – ACOMPANHAMENTO DO REPARO ESTRUTURAL	53
4.1.1 Situação inicial.....	53
4.1.2 Início dos Reparos.....	55
4.1.3 Reforço estrutural com Fibra de Carbono	57
4.2 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETO, FALTA DE JUNTA DE DILATAÇÃO	59

4.3 PATOLOGIA NA VIGA V152 E V153.....	64
4.4 COMENTÁRIOS DE PATOLOGIAS EM GERAL.....	66
4.4.1 Fissuração em consoles e apoios	66
4.4.2 Patologias por má-execução	68
4.4.3 Patologias na Cortina de concreto armado	69
4.5 ORGANIZAÇÃO DOS RESULTADOS	71
5 CONCLUSÕES	75
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXO A – Tabela de Coleta de Dados.....	79
ANEXO B – Projeto do 1º subsolo	82
ANEXO C – Projeto do 2º subsolo	83
ANEXO D – Projeto do 3º subsolo	84

1 INTRODUÇÃO

Para que as obras sejam concluídas no prazo desejado e para que as despesas de um projeto permaneçam conforme planejado na etapa inicial é necessário um planejamento eficaz e, algumas vezes, projetos com soluções não convencionais. Em um país como o Brasil, onde há a falta de mão-de-obra especializada e problemas de abastecimento de materiais, esta necessidade torna-se ainda mais evidente. Para um trabalho satisfatório, as construtoras devem estar atentas em antecipar compras de materiais e equipamentos, em especificar detalhadamente os materiais e métodos que deverão ser utilizados na construção e em investir em tecnologias que auxiliem na conclusão da obra em um menor tempo com a qualidade ideal.

Uma das soluções viáveis para agilizar construções de grandes empreendimentos é a utilização da fusão de estruturas convencionais e estruturas pré-moldadas de concreto armado. A estrutura pré-moldada proporciona a rapidez necessária para executar áreas periféricas do empreendimento como, por exemplo, garagens, lojas, áreas de paisagismo e lazer.

Nestes casos, mesmo com um bom planejamento e projetos enxutos, pode haver a ocorrência de patologias na interface pré-moldado/convencional. Estas ocorrem devido a vários fatores, entre eles: a utilização de mão-de-obra não especializada, a falta de acompanhamento da equipe técnica, a execução e projeto feitos com equipes diferentes, ocorrendo falta de compatibilização das duas partes.

Ainda não há um grande número de obras que utilizam a fusão dos elementos pré-moldados e convencionais de concreto armado, o que torna este assunto passível de realização de novas pesquisas e estudos. Estudos relacionados à detecção e caracterização de patologias existentes nesses trechos são importantes para conhecer o comportamento dessas estruturas.

Com o intuito de contribuir com os estudos de identificação de patologias, o presente trabalho aborda um estudo de caso de uma obra residencial localizada em Curitiba-PR que utiliza a tecnologia da fusão de elementos de concreto armado, identificando e analisando os casos de patologias nela existentes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar as patologias geradas na interface entre estrutura pré-moldada e estrutura convencional de uma obra residencial da construção civil localizada na cidade de Curitiba-PR.

1.1.2 Objetivos Específicos

Constituem-se objetivos específicos deste trabalho:

- Efetuar o levantamento de patologias de interface entre estruturas;
- Efetuar o levantamento de subsídios necessários ao diagnósticos das patologias;
- Identificar origens e consequências das patologias encontradas;
- Propor soluções para os casos encontrados;

1.2 JUSTIFICATIVA

As patologias na construção civil demandam gastos não previstos no início da obra e manutenção pós-conclusão da mesma. A falta de conhecimento das causas, reações e consequências destas pode aumentar mais estes gastos, e ainda, fazer com que a atividade de manutenção não tenha o resultado esperado. Para isso, é necessário fazer levantamentos e estudos que auxiliem a identificação desses elementos, visando a melhoria dos resultados e diminuição de atividades de remediação e manutenção, evitando-as desde as primeiras etapas do desenvolvimento do empreendimento.

A utilização de uma obra localizada em Curitiba para estudo de caso é importante, pois a região apresenta mercado imobiliário aquecido podendo apresentar mais obras com essa solução.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo França (2010), o termo Patologia (derivado do grego *pathos*, sofrimento, doença, e *logia*, ciência, estudo) é utilizado nas diversas áreas da ciência, com denominações do objeto de estudo que variam de acordo com o ramo de atividade.

Na construção civil, a área da patologia das construções envolve a análise, diagnósticos e terapia das manifestações relacionadas a reações químicas e solicitações mecânicas que podem estar prevista em projetos ou serem de causas inevitáveis (FRANÇA, 2010).

Conforme Gusmão (2013), os danos patológicos podem ser classificadas em três categorias, como demonstra a tabela 1:

Tabela 1- Tipos de danos - 2013

DANOS	CARACTERÍSTICAS	INCONVENIENTES
Estéticos	São subjetivos e de efeitos psicológicos.	Sensação de insegurança, falta de conforto e confiabilidade da estrutura.
Funcionais	Comprometem o uso e destinação da construção.	Mau funcionamento dos elementos da obra.
Estruturais	Afetam os elementos estruturais da construção.	Podem comprometer a estabilidade da obra, pode exigir reforços.

Fonte: Adaptado de Patologias e reforço das fundações (GUSMAO, 2013).

O surgimento de problema patológico em dada estrutura indica, em última instância e de maneira geral, a existência de uma ou mais falhas durante a execução de uma das etapas da construção, além de apontar para falhas também no sistema de controle de qualidade próprio a uma ou mais atividades, conforme explicam Souza e Ripper (1998).

Muitos pesquisadores que procurado relacionar, percentualmente, as várias causas para a ocorrência de problemas patológicos e procurar definir qual a atividade que tem sido responsável, ao longo dos tempos, pela maior quantidade de erros. Como se pode observar na Tabela 2, apresentada por Souza e Ripper (1998), as conclusões nem sempre são concordantes, o que se justifica primeiramente porque os estudos foram realizados em diferentes continentes, e, em segunda instância, porque em alguns casos as causas são tantas que pode ter sido difícil definir a preponderante.

Tabela 2 - Análise percentual das causas de problemas patológicos em estruturas de concreto - 1998

FONTE DE PESQUISA	CAUSAS DOS PROBLEMAS PATOLOGICOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO			
	Concepção e Projeto	Materiais	Execução	Utilização e Outras
Edward Grunau - Paulo Helene (1992)	44%	18%	28%	10%
D. E. Allen (Canadá) (1979)	55%	49%		
C.S.T.C. (Bélgica) (1991)	46%	15%	22%	17%
C.E.B. Boletim 157 (1982)	50%	40%		10%
Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Alvares Penteado - Verçoza (1991)	18%	6%	52%	24%
B.R.E.A.S. (Reino Unido) (1972)	58%	12%	35%	11%
Bureau Securitas (1972)	88%			12%
E.N.R. (U.S.A.) (1068 -1078)	9%	6%	75%	10%
S.I.A. (Suíça) (1979)	46%		44%	10%
Dov Kaminetzky (1991)	51%	40%		16%
Jean Blevot (França) (1974)	35%		65%	
L.E.M.I.T. (Venezuela) (1965-1975)	19%	5%	57%	19%

Fonte: Adaptado de Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto (SOUZA E RIPPER, 1998).

2.1.1 Patologias de concreto armado

Muitas vezes as manifestações patológicas estão relacionadas a materiais e ao processo construtivo, o que demonstra o desconhecimento das normas sobre a etapa construtiva, assim, apresentando patologias. Na maioria dos casos, o

cumprimento das normas, projetos e especificações podem evitar ou até desacelerar a degradação das estruturas (FRANÇA, 2010)

O crescimento acelerado da construção civil, limitações ao livre desenvolvimento científico e tecnológico, além das ainda inevitáveis falhas involuntárias e casos de imperícia, tem sido constatado como causas para que algumas estruturas acabam por ter um desempenho insatisfatório.

Este conjunto de fatores gera o que é chamado de deterioração estrutural. Objetivamente, as causas da deterioração podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento "natural" da estrutura até os acidentes, e até mesmo a irresponsabilidade de alguns profissionais que optam pela utilização de materiais fora das especificações, na maioria das vezes por alegadas razões econômicas. A soma de tantos fatores pode levar a que se considere estar-se a viver uma época de grandes preocupações, pois embora se possa argumentar com a tese de que tais problemas tenham nascido com o próprio ato de construir, é certo que nas primeiras construções tais questões não se revestiam de caráter sistemático, ficando restritas a alguns poucos problemas ocasionais (SOUZA E RIPPER, 1998).

As patologias nem sempre são apresentadas a longo prazo ou quando a obra já está concluída. Com os curtos prazos apresentados pelos planejadores das obras, muitas delas ficam prejudicadas pela falta de conferência do serviço executado antes da concretagem. Formas bem travadas, armação conferida, escoramento e verificação na chegada do concreto (se segue as especificações de compra) e testes de resistência do concreto, ajudam a evitar patologias precoces (FRANÇA, 2010).

A NBR 6118 explica sobre a deterioração da estrutura. A deterioração propriamente dita pode ser causada pelos mecanismos relacionados às ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação.

A NBR 6118 também afirma que os mecanismos de deterioração da estrutura de concreto podem ser relacionados à armadura ou ao concreto. Os mecanismos preponderantes de deterioração do concreto são: lixiviação, expansão por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfato ou por ação entre os álcalis do cimento e agregados reativos; e danificação superficial de certos agregados devido à presença de produtos

derivados do ferro em sua constituição. Para a deterioração da armadura os principais mecanismos relacionados são despassivação por carbonatação ou por elevado teor de cloretos.



Figura 1: Manifestações patológicas em uma estrutura de concreto armado

Fonte: França (2010)

2.1.2 Patologias referentes a falhas na concepção de projetos

Várias são as falhas possíveis de ocorrer durante a etapa de concepção da estrutura. Elas podem se originar durante o estudo preliminar (lançamento da estrutura), na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto de execução, também chamado de projeto final de engenharia (SOUZA E RIPPER, 1998).

Segundo Helene (1992), as falhas originadas de um estudo preliminar deficiente, ou de anteprojetos equivocados, são responsáveis, principalmente, pelo encarecimento do processo de construção, ou por transtornos relacionados à utilização da obra, enquanto as falhas geradas durante a realização do projeto final de engenharia são as responsáveis pela implantação de problemas patológicos sérios e podem ser tão diversas como:

- Elementos de projeto inadequados (má definição das ações atuantes ou de combinação mais desfavorável das mesmas, escolha de modelo analítico inadequado, deficiência no cálculo da estrutura ou na avaliação da resistência do solo, etc.);
- Falta de compatibilização entre a estrutura e a arquitetura, bem como com os demais projetos civis;
- Especificação inadequada de materiais;
- Detalhamento insuficiente ou errado;
- Detalhes construtivos inexecutáveis;
- Falta de padronização das representações (convenções);
- Erros de dimensionamento.

2.1.3 Patologias geradas na etapa de execução da estrutura

Souza e Ripper (1998) apresentam que uma vez iniciada a execução de uma estrutura, podem ocorrer falhas das mais diversas, associadas a causas tão diversas como falta de condições locais de trabalho (cuidados e motivação), não capacitação profissional da mão-de-obra, inexistência de controle de qualidade de execução, má qualidade de materiais e componentes, irresponsabilidade técnica e até mesmo sabotagem.

No caso das estruturas, vários problemas patológicos podem surgir em virtude dos motivos acima. Uma fiscalização deficiente e um fraco comando de equipes, normalmente relacionados a uma baixa capacitação profissional do engenheiro e do mestre de obras, podem, com facilidade, levar a graves erros em determinadas atividades, como a implantação da obra, escoramento, fôrmas, posicionamento e quantidade de armaduras e a qualidade do concreto, desde o seu fabrico até a cura.

2.1.4 Sintomas patológicos das estruturas: Processos físicos

Os efeitos resultantes da atuação dos agentes intrínsecos e extrínsecos da deterioração das estruturas de concreto se fazem sentir, inicialmente, nos pontos fracos destas estruturas. Na maioria dos casos, as suas causas são evidentes e

poderiam ter sido facilmente evitadas pela escolha cuidadosa dos materiais e dos métodos de execução, pela elaboração de um projeto convenientemente detalhado ou pela concretização de um programa adequado de manutenção, explicam Souza e Ripper (1998). Alguns efeitos, entretanto, como os devidos a causas mecânicas, como sobrecargas e impactos para os quais a estrutura não havia sido dimensionada, ou a acidentes, como sismos e incêndios, não são tão facilmente evitáveis. Pelo contrário, na maioria das vezes estes agentes, que podem causar consideráveis danos às estruturas, inclusive levando-as à ruína, são impossíveis de serem considerados nas etapas de concepção e execução das estruturas, a não ser pela adoção de algumas medidas paliativas.

Erros de execução, métodos construtivos inadequados, mão-de-obra tecnicamente deficiente, falhas na fiscalização, etc., levará inevitavelmente ao enfraquecimento da estrutura, com a conseqüente criação das facilidades para a atuação dos agentes deteriorantes, que levam à oxidação das armaduras e à degradação do concreto. A seguir, segue a tabela apresentada por Souza e Ripper (1998) enumerando efeitos patológicos mais comuns.

Tabela 3 - Processos físicos de deterioração das estruturas de concreto - 1998

PROCESSOS FÍSICOS DE DETERIORAÇÃO	FISSURAÇÃO	Deficiências de Projeto Contração Plástica Assentamento do Concreto / Perda de Aderência Movimentação de Escoramentos e/ou Fôrmas Retração Deficiências de Execução Reações Expansivas Corrosão das Armaduras Recalques Diferenciais Variação de Temperatura Ações Aplicadas
	DESAGREGAÇÃO DO CONCRETO	Fissuração Movimentação das Fôrmas Corrosão do Concreto Calcinação Ataque Biológico
	CARBONATAÇÃO DO CONCRETO PERDA DE ADERENCIA DESGASTE DO CONCRETO	

Fonte: Adaptado de Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto (SOUZA E RIPPER, 1998).

2.1.3.1 Fissuração

As fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto. A caracterização da fissuração como deficiência estrutural dependerá sempre da origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração existente, já que o concreto, por ser material com baixa resistência à tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas, que podem ser instaladas pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência última à tração.

Corsini (2010) define também que as fissuras são um tipo comum de patologia nas edificações e podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da obra. A fissura é originada por conta da atuação de tensões nos materiais. Quando a solicitação é maior do que a capacidade de resistência do material, a fissura tem a tendência de aliviar suas tensões. Quanto maior for a restrição imposta ao movimento dos materiais, e quanto mais frágil ele for, maiores serão a magnitude e a intensidade da fissuração.

Tecnicamente, e de forma geral, o termo fissura é preferível ao termo trinca ou até rachadura. Algumas normas e alguns peritos podem classificar as fissuras com diferentes nomes, conforme a sua espessura.

Em termos de norma técnica, a NBR 9575:2003 apresenta definições classificativas de acordo com a espessura:

- **3.46 Fissura:** Abertura ocasionada por ruptura de um material ou componente, inferior ou igual a 0,5 mm.
- **3.62 Microfissura:** Abertura ocasionada por ruptura de um material ou componente com espessura inferior a 0,05 mm.
- **3.75 Trinca:** Abertura ocasionada por ruptura de um material ou componente superior a 0,5 mm e inferior a 1 mm.

A NBR 15575:2013 ainda define como fissuras e trincas da seguinte maneira:

- **3.7 fissura de componente estrutural:** seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um componente, com abertura capilar, provocado por tensões normais ou tangenciais. As fissuras podem ser classificadas como ativas (variação da abertura em função de movimentações higrótérmicas ou outras) ou passivas (abertura constante).
- **3.9 Trinca:** expressão coloquial qualitativa aplicável a fissuras com abertura maior ou igual a 0,6 mm.

Abaixo, segue algumas exemplificações das origens das fissurações relacionadas por Souza e Ripper (1998):

2.1.3.1 Deficiências de projeto

As falhas acontecidas em projetos estruturais, com influência direta na formação de fissuras, podem ser as mais diversas. Essa acabam assumindo configuração própria, correspondentes a função do tipo de esforço a que estão submetidas.

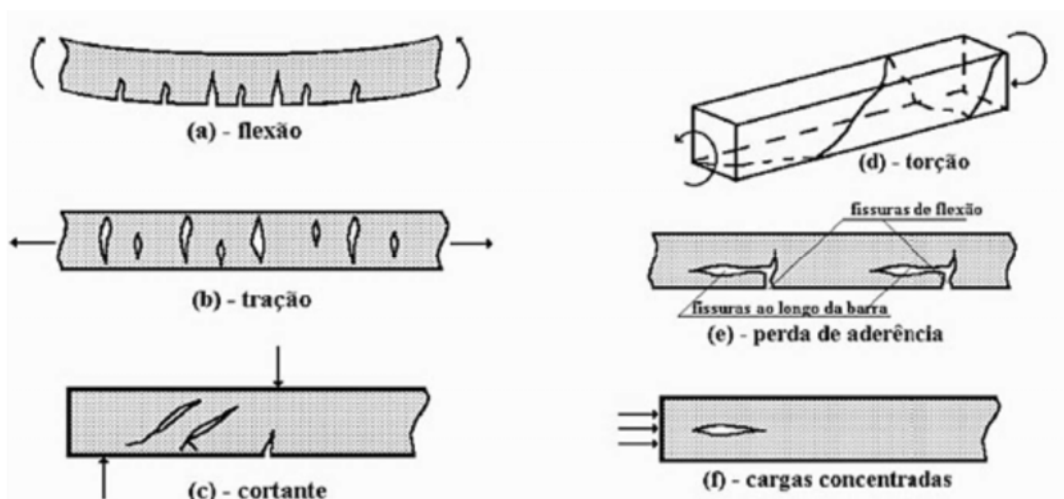


Figura 2 : Algumas configurações genéricas de fissuras em função do tipo de solicitação predominante.

Fonte: Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto (1998)

Também nos casos em que o esforço predominante é compressivo, seja em situação de compressão simples ou de flexão composta, poderão ser desenvolvidos quadros de fissuração de alguma importância, sempre que as resistências últimas do concreto forem ultrapassadas.

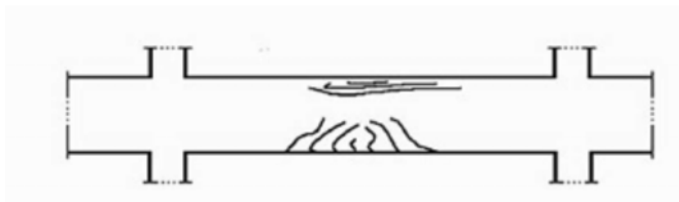


Figura 3: Fissuração em viga submetida a flexocompressão.

Fonte: Souza e Ripper (1998)

2.1.3.2 Retração do concreto

“A retração do concreto é um movimento natural da massa que, no entanto, é contrariado pela existência, também natural, de restrições opostas por obstáculos internos (barras de armadura) e externos (vinculação a outras peças estruturais). Se este comportamento reológico não for considerado, quer em nível de projeto, quer de execução, são grandes as possibilidades do desenvolvimento de um quadro de fissuração, que pode levar à formação de trincas” (SOUZA E RIPPER, 1998).



Figura 4: Retração do concreto.

Fonte: Aoki (2010)

2.1.3.3 Desagregação do concreto

“Deve-se entender como desagregação do concreto a própria separação física de placas ou fatias de concreto, com perda de monolitismo e, na maioria das vezes, perda também da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento. Como consequência, tem-se que uma peça da estrutura com seções de concreto desagregado perderá, localizada ou globalmente, a capacidade de resistir aos esforços que a solicitam” (SOUZA E RIPPER, 1998).

Um modo que ocorre desagregação é com a movimentação de formas. Souza e Ripper (1998) destacam que essa movimentação pode resultar em criação de juntas de concretagem não previstas, ou de fuga de nata de cimento pelas juntas ou fendas das fôrmas, provocando a segregação do concreto, que na sua maioria dos casos é acompanhada de fissuração. Qualquer um destes casos implicará o surgimento de quadros patológicos.

2.2 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL

2.2.1 Concreto

Segundo Pinheiro (2010), concreto é o material composto, na proporção adequada, de aglomerantes, agregados e água. Ele tem a função estrutural associada ao esforço de compressão.

O concreto se adapta a qualquer forma, resiste bem ao fogo e possui grande durabilidade, no entanto, sua resistência à tração é extremamente baixa. Pode atuar como um material estrutural por séculos se utilizado adequadamente (GRAZIANO 2005).

O concreto é um material muito utilizado nas construções do Brasil. É um material de custo relativamente baixo em relação a outros processos, tem um baixo custo de mão-de-obra e de material (agregados e aglomerantes).

Comparado as estruturas metálicas, o concreto armado tem a vantagem de ser um processo mais difundido no país, facilitando a mão-de-obra.

2.2.2 Concreto Armado

Concreto armado é a associação de concreto mais o aço, que compõe a armadura do conjunto. O concreto armado deverá resistir aos esforços solicitados em conjunto, por isso é necessário que seja garantida a aderência entre as mesmas. “Todas as barras das armaduras devem ser ancoradas de forma que os esforços a que estejam submetidas sejam integralmente transmitidos ao concreto, seja por meio de aderência ou de dispositivos mecânicos ou combinação de ambos.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003)

De acordo com a NBR 6118, a ancoragem por aderência é feita por meio de comprimento reto ou com grande raio de curvatura seguido ou não de gancho e a ancoragem por dispositivo mecânico é feita através da utilização de elementos acoplados à barra que possibilitem a transmissão dos esforços.

“Em virtude da baixa resistência à tração do concreto, as barras de aço cumprem a função de absorver os esforços de tração na estrutura. As barras de aço também servem para aumentar a capacidade de carga das peças comprimidas”. (ARAÚJO, 2010)

2.2.3 Estruturas de concreto armado convencional

Os edifícios produzidos em concreto armado muitas vezes recebem a denominação de edifícios convencionais ou tradicionais, isto é, aqueles produzidos com uma estrutura de pilares, vigas e lajes de concreto armado moldado no local.

2.2.3.1 Lajes

Graziano (2010) afirma que existem dois tipos de lajes, podendo ser usado dois tipos mais comuns, que é a laje maciça e a laje nervurada.

A laje maciça é composta de uma seção de tamanho uniforme apoiada ao longo do seu contorno que é constituído de vigas. Para Pinheiro (2010) as lajes maciças apresentam algumas vantagens e desvantagens, como por exemplo:

- Devido aos limites impostos, apresenta uma grande quantidade de vigas, fato esse que deixa a forma do pavimento muito recortada, diminuindo a produtividade da construção e o reaproveitamento de formas;
- Grande consumo de formas;
- A existência de muitas vigas, por outro lado, forma muitos pórticos, que garantem uma boa rigidez à estrutura;
- Foi durante anos o sistema estrutural mais utilizado nas construções de concreto, por isso a mão-de-obra já é bastante treinada;
- O volume de concreto é grande, devido principalmente ao consumo das lajes;
- $f_{ck}=35\text{MPa}$ para vigas e pilares e $f_{ck}=20\text{MPa}$ para lajes.

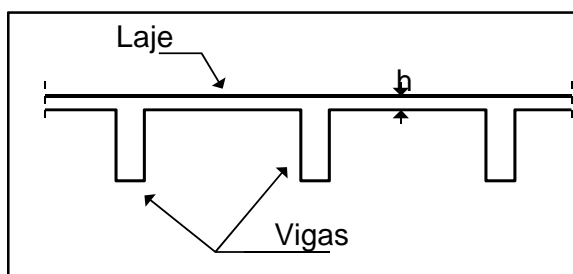


Figura 5: Esquema laje maciça

Contudo, quando se trata de um vão muito grande, a solução apresentada pela laje nervurada se mostra mais viável, pois, a laje se torna mais leve e exige menos esforços por peso próprio do que laje maciça.

Segundo Araújo (2005), nessas lajes a zona de tração é constituída por nervuras entre as quais podem ser colocados materiais inertes, de forma a tornar plana a superfície externa. Os materiais inertes devem ter peso específico reduzido em comparação com o peso específico do concreto, podendo ser empregados tijolos cerâmicos furados, blocos de concreto leve, isopor, etc.

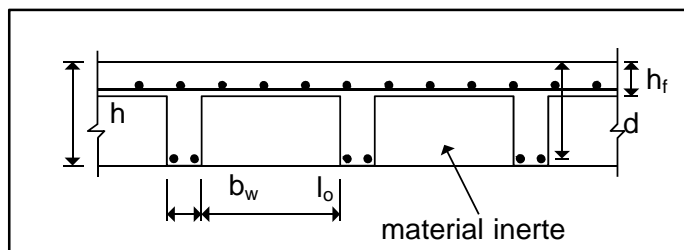


Figura 6: Esquema laje nervurada

2.2.3.2 Vigas

“São barras horizontais que delimitam as lajes, suportam paredes e recebem ações das lajes ou de outras vigas e as transmitem para os apoios.” (PINHEIRO, 2010)

As vigas são elementos estruturais que predominantemente são solicitados à flexão e que geometricamente mantém uma relação entre vão e altura.

2.2.3.2 Pilares

Pilares são elementos que trabalham principalmente à compressão e são dispostos na posição vertical. São responsáveis na sustentação de vigas e lajes levando as cargas que estão dispostas sobre estas até as fundações. (GRAZIANO, 2010).

2.2.4 Formas e Escoramentos

Segundo a NBR 15696 (2009), norma brasileira de formas e escoramentos para estrutura de concreto armado, é definido como forma e escoramento:

- Formas: estruturas provisórias que servem para moldar o concreto fresco, resistindo a todas as ações provenientes das cargas

variáveis resultantes das pressões do lançamento do concreto fresco, até que o concreto se torne autoportante.

- Escoramentos: estruturas provisórias com capacidade de resistir e transmitir às bases de apoio da estrutura do escoramento todas as ações provenientes das cargas permanentes e variáveis resultantes do lançamento do concreto fresco sobre as fôrmas horizontais e verticais, até que o concreto se torne autoportante.

2.3. ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO PRÉ – MOLDADAS

2.3.1 Situação de mercado de estruturas pré-moldadas

Segundo ALBUQUERQUE (2005), a utilização do concreto pré-moldado é uma forte tendência, a quantidade de obras nos Estados Unidos e Europa atesta a viabilidade econômica, técnica e estética do sistema.

O pré-moldado está em grande evolução no Brasil, mas ainda sofre preconceitos da parte arquitetônica, por ser menos flexível a outras formas, e pela parte da engenharia, em relação ao fornecimento restrito a poucas empresas de fabricação.

Esse tipo de estrutura apresenta muitas vantagens, dentre elas está a rapidez da montagem da estrutura, o acabamento estético, a credibilidade da estrutura, elementos mais esbeltos devido a proteção.

Para DONIAK (2007), os projetistas devem levar em conta na concepção dos projetos todas as características desse tipo de estrutura. Deve considerar as suas restrições, vantagens, detalhamento das peças, detalhamento de montagem, transporte e movimentação das peças, estados limites antes de finalizar seu projeto.

“A pré-fabricação das estruturas de concreto é um processo industrializado com grande potencial para o futuro. Todavia, geralmente a pré-fabricação ainda é vista por projetistas inexperientes como se fosse apenas uma variante técnica das construções de concreto moldadas no local. Esse ponto de vista é completamente errôneo. Todo sistema construtivo tem suas próprias características, as quais para

uma maior ou menor influência no layout da estrutura, largura do vão, sistemas de estabilidade, etc. Para conseguir melhores resultados o projeto deveria, desde o início, respeitar as demandas específicas e particulares estruturais dos sistemas construtivos pré-moldados.” (VAN ACKER, 2002)

2.3.2 Definição de Estruturas pré-moldadas

A norma NBR 9062 define estrutura de concreto pré-moldado da seguinte maneira:

- PRÉ-MOLDADO – Elemento que é executado fora do local definitivo de utilização, produzido em condições menos rigorosas de controle de qualidade, sem a necessidade de pessoa, laboratório e instalações congêneres próprios.
- PRÉ-FABRICADO – Elemento produzido fora do local definitivo da estrutura, em usina ou instalações análogas que disponham de pessoal e instalações laboratoriais permanentes para o controle de qualidade.

Cada sistema de estrutura pré-moldada tem suas próprias características. Para que todas as vantagens do pré-moldado sejam potencializadas a estrutura deve ser concebida com uma filosofia específica de projeto. Deve-se utilizar o sistema mais adequado para cada modalidade da edificação. Abaixo, segue alguns exemplos de estruturas pré-moldadas.

2.3.2.1 Estrutura tipo esqueleto

Segundo o informativo da ABCP (1994), as estruturas em esqueleto são um sistema que consiste em vigas e pilares que formam um esqueleto de uma estrutura. São ideais para grandes vãos, que são de usos de shoppings, galpões, centros esportivos, etc.



Figura 7: Galpão em Guarulhos

Fonte: Acervo Construtora Perfilind (2012) – www.perfilind.com.br

2.3.2.2 Sistema Tilt-up

O sistema tilt-up é um composto por placas pré-fabricadas com a função de vedação ou estrutural. Apresenta uma grande vantagem em relação a aparência final da estrutura, ótima vedação, resistência ao fogo e isolamento térmico e acústico.

“Residências e edifícios de apartamentos pré-fabricados são geralmente projetados com sistemas estruturais com painéis, onde uma parte dos painéis são estruturais e outra parte possui apenas função de fechamento. Esses sistemas são muito utilizados nos países do Norte Europeu. As fachadas são executadas com painéis sanduíches, com uma camada interna estrutural, com uma camada intermediária de isolamento entre 50 a 150 mm de espessura e com uma camada externa não portante de concreto arquitetônico” (ABCP, 1994)

Atualmente, no Brasil algumas construtoras passaram a optar pelo sistema, exigindo inclusive, o estudo de uma normalização para esta alternativa.



Figura 8: Sistema “Tilt-up”

Fonte: Site Cimento Itambé (2013), www.cimentoitambem.com.br

2.3.2.3 Pisos e coberturas

“Os piso pré-moldados são utilizados extensivamente para todos os tipos de construção, não somente para estruturas pré-moldadas, mas também em combinação com outros materiais, por exemplo, em estruturas metálicas de concreto moldado no local, etc. A escolha do sistema de pavimentos varia para cada tipo de construção e de país para país, dependendo do transporte, das facilidades de montagem, disponibilidade no mercado, da cultura construtiva etc.” (ABCP, 1994)

2.3.3 Produção de elementos pré-moldados

Segunda a NBR 9062, na execução de elementos pré-fabricados, os encarregados da produção e do controle de qualidade devem estar de posse de manuais técnicos, cuidadosamente preparados pela direção da empresa responsável pelos trabalhos, que apresentem de forma clara e precisa, pelo menos, as especificações e procedimentos, atendendo os seguintes itens:

- a) fôrmas, montagem, desmontagem, limpeza e cuidados;
- b) armadura, diâmetro dos pinos para dobramento das barras, manuseio, transporte, armazenamento, estado superficial, limpeza e cuidados;
- c) concreto, dosagem, amassamento, consistência, descarga da betoneira, transporte, lançamento e adensamento;
- d) protensão, forças iniciais e finais, medidas das forças e alongamentos, manuseio, transporte, armazenamento, estado superficial, limpeza e cuidados com fios, barras ou cabos de protensão;
- e) liberação da armadura pré-tracionada, método de liberação da armadura de seus apoios independentes e de seccionamento da armadura exposta entre elementos dispostos em linha, no caso de pistas de protensão na produção de elementos de concreto pré-fabricados protendidos por pré-tração, cuidados e segurança contra acidentes;
- f) manuseio e armazenamento dos elementos, utilização de cabos, balancins ou outros meios para suspensão dos elementos, pontos de apoio, métodos de empilhamento, cuidados e segurança contra acidentes;
- g) tolerâncias dimensionais e em relação a defeitos aparentes das fôrmas e da armadura, tolerâncias quanto à variação da consistência e defeitos aparentes do concreto fresco, tolerâncias quanto à discrepância entre a medida do alongamento e da força aplicada à armadura protendida, tolerância em relação às resistências efetivas do concreto, tolerâncias de abertura de fissuras, tolerâncias dimensionais e em relação a defeitos aparentes dos elementos pré-fabricados acabados.

2.3.4 Modulação

“A modulação é um fator econômico muito importante no projeto e construção de edifícios, tanto para o trabalho estrutural como para o acabamento. Em pré-fabricação, isso é ainda mais marcante, especialmente em relação à padronização e economia na produção e execução. Modulação é geralmente bem

estabelecida para componentes estruturais em construções pré-moldadas. Geralmente, o módulo básico é 3M (M= 100 mm), 12 M é uma medida muito usada.” (VAN ACKER,2002)

Van Acker (2005) diz que a padronização de peças é muito difundida na pré-fabricação. As indústrias de pré-moldados tem produtos padronizados com sessões transversais variáveis, apropriada para cada tipo de componente. Sempre haverá diferenças inevitáveis entre as dimensões especificadas e as dimensões reais dos componentes e da construção final. Essas variações devem ser examinadas e permitidas, observando os critérios normativos.

2.3.5 Montagem de uma estrutura pré-moldada

Para DONIAK (2002), muitas considerações deverão ser tomadas pela equipe técnica de engenharia na montagem de uma estrutura pré-fabricada. Não apenas na área de qualidade mas como também na logística de máquina e peças e pesos dos elementos. As peças de pré-moldado tem um grande peso e sua montagem é através de guindastes.

Para todos projetos, deverá existir um plano de montagem onde devem ser considerados os aspectos contratuais incluindo requisitos específicos do cliente quando aplicáveis. Será necessária a contratação de equipe(s) de montagem qualificada(s), também deverão ser definidas as responsabilidades e autoridades, inclusive na interface entre o contratante e demais envolvidos.

Segundo DONIAK (2002), a análise e inspeção da peça concretada é de suma importância, pois é quando se verifica pela última vez antes de ser posicionada se a peça produzida encontra-se dentro dos procedimentos determinados. A inspeção permite que os defeitos existentes tenham suas causas detectadas e a empresa de produção possa ser comunicada. Os principais pontos que devem ser inspecionados são: as dimensões geométricas, efeitos da protensão sobre a peça (contra-flechas, fissuras e escorregamento dos cabos) e fissuras ou outros danos ocorridos após a concretagem.

Segundo Doniak (2005), a montagem dos elementos da estrutura consiste nos seguintes processos:

- Execução dos blocos: executar a cravação das estacas e executar, na sua devida localização, os blocos para suportaçãõ dos pilares.
- Pilares: consiste na sua colocaçãõ dos pilares no bloco de fundaçãõ, de modo que ele fique no prumo, alinhado e convenientemente chumbado.



Figura 9: Pilares pré-fabricados

Fonte: Manual de montagem de pré-moldados (2007)

- Vigas: As vigas são montadas sempre sobre aparelhos de apoio com base em neoprene nas duas extremidades, com especificaçãõ e dimensões definidas em projeto. O aparelho de apoio deve estar rigorosamente centrado, tanto nos apoios das vigas quanto nos consolos dos pilares. A equipe de montagem deve estar atenta ao espaço entre apoios para que seja atendida a recomendaçãõ das medidas de vigas apoiada nos consolos.



Figura 10: Vigas pré-fabricados

Fonte: Manual de montagem de pré-moldados (2007)

- Lajes: As lajes são içadas por cabos e posicionadas nos apoios. Deverá ser feita a verificação das condições de apoio, prumo e nivelamento da peça, todas as lajes devem ser montadas levando em consideração os eixos de projeto admitindo-se uma tolerância de 10 mm.



Figura 11: Lajes pré-fabricados

Fonte: Manual de montagem de pré-moldados (2007)

2.4 ELEMENTOS DE INTERAÇÃO

2.4.1 Ligações

Entre as duas modalidades de estruturas apresentadas nesse trabalho, existe elementos de ligação e transferências de esforços entre as mesmas.

Segundo a ABNT NBR 9062 (2001), as ligações são dispositivos utilizados para compor um conjunto estrutural a partir de seus elementos, com a finalidade de transmitir os esforços solicitantes, em todas as fases de utilização, dentro das condições de projeto, mantendo as condições de durabilidade ao longo da vida útil da estrutura conforme definido o conceito de vida útil da ABNT NBR 6118.

A NBR 9062 (2001) apresenta os tipos de ligações devido ao esforço recebido, conforme listagem abaixo:

- Ligações solicitadas predominantemente por Compressão
- Ligações solicitadas predominantemente por Tração
- Ligações solicitadas predominantemente por Flexão
- Ligações solicitadas predominante por Cisalhamento

Os elementos analisados nesse trabalho são os Consoles, que são classificados como Ligações solicitadas predominantemente por Compressão a partir da definição apresentada na NBR 9062 (2001).

“Situam-se neste caso os apoios de elementos pré-moldados sobre os outros elementos de concreto moldado no local, exceto os apoios de pilares sobre suas fundações. Os elementos pré-moldados podem ser assentados nos seus apoios definitivos:” (ABNT NBR 9062, 2001)

- Com junta a seco;
- Com intercalação de uma camada de argamassa;
- Com concretagem local;
- Com rótulas metálicas;
- Com almofadas de elastômero.

2.4.2 Consoles

Para formação da estrutura pilar e viga, há um elemento de sustentação que são os consoles. Há 2 tipos de consoles, os retangulares e os trapezoidais.

“Os consoles retangulares são utilizados em vigas retangulares que não apresentem a seção “I”, onde é possível a realização do dente chamado Gerber. A altura dos consoles são usualmente de metade da altura da viga retangular. Os consoles trapezoidais são necessários para as vigas no formato “I”, ou retangulares com carregamento muito elevado, tendo a dimensão padrão de 50 cm de altura” (MUNTE, 2012)

Em outra definição apresentada, Santos e Stucchi (2002) definem consoles como elementos de suporte usados para a fixação das vigas em estruturas pré-moldadas de concreto. É dito também, que para o cálculo desses elementos é comum o uso de modelos simplificados como, por exemplo, o método das bielas-tirantes. Segundo tal modelo, o concreto do console transmite as cargas aplicadas pela viga ao pilar através de uma biela comprimida e, por necessidade de equilíbrio, um esforço de tração deve ser resistido por um tirante.

“O modelo de bielas e tirantes é uma ferramenta de cálculo baseada no teorema estático da teoria da plasticidade que permite o dimensionamento de

elementos ou regiões especiais de estruturas de concreto armado e protendido”. (SANTOS E STUCCHI, 2012)

Normalmente, as cargas que atuam nos consolos é considerável, e os efeitos da ruína desses elementos geralmente traz consequências negativas, como o colapso do elemento apoiado nele.

A definição da NBR 6118 (2003) sobre consolos é que estes são elementos estruturais em balanço no quais a distância da carga apoiada à face do apoio é menor ou igual à altura útil do consolo. Também define que os consolos curtos têm um comportamento típico que pode ser descrito por um modelo biela-tirante, já apresentado por Santos e Stucchi (2002).

Na Figura 12, apresentada abaixo, demonstra um consolo e um dente Gerber, respectivamente:

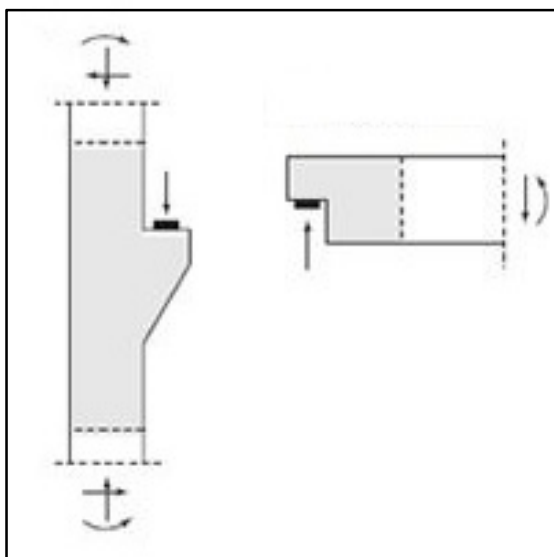


Figura 12: Exemplos de Consolo e Dente Gerber

Fonte: Adaptado de Manual de montagem de pré-moldados (2007)

Para Souza e Ripper (1998), são bastante comuns os casos de surgimento de fissuras e trincas em consolos. Os consolos, segundo a classificação corrente na engenharia, podem ser classificados em consolos longos, que são tratados como vigas em balanço, consolos curtos e consolos muito curtos, sendo os consolos curtos os mais usuais.

Souza e Ripper (1998) explicam que para reforço de consolos curtos. Antes do início dos trabalhos, o consolo deve ser totalmente descarregado, a viga

deve ser convenientemente suspensa com um macaco hidráulico. Naqueles nos quais as vigas são rigidamente ligadas a eles, deve-se escorar a viga para que seja possível o completo descarregamento do consolo. Com o consolo descarregado, procede-se aos trabalhos de apicoamento, remoção do concreto deteriorado, se for o caso, limpeza, colocação das armaduras de reforço em posição, colagem com resina epóxi e recobrimento das armaduras.

2.5 JUNTA DE DILATAÇÃO

Segundo a NBR 6118 (2003), junta de dilatação é definida da seguinte maneira:

- **Junta de dilatação:** Qualquer interrupção do concreto com a finalidade de reduzir tensões internas que possam resultar em impedimentos a qualquer tipo de movimentação da estrutura, principalmente em decorrência de retração ou abaixamento da temperatura.

2.6 REPAROS EM ESTRUTURAS

2.6.1 Manutenção Estrutural

Souza e Ripper (1998) apresentam em seu livro, um conceito referente a Manutenção Estrutural retirada do British Standards 3811 de 1984, que estabelece ser "manutenção estrutural a combinação de todas as ações de carácter técnico e/ou administrativo que tenham por fim garantir ou restabelecer, para uma determinada estrutura, as condições necessárias para que esta desempenhe, capazmente, as funções para as quais foi concebida".

Para tal definição, Souza e Ripper (1998) demonstram na Figura 13, uma classificação para as manutenções estruturais:

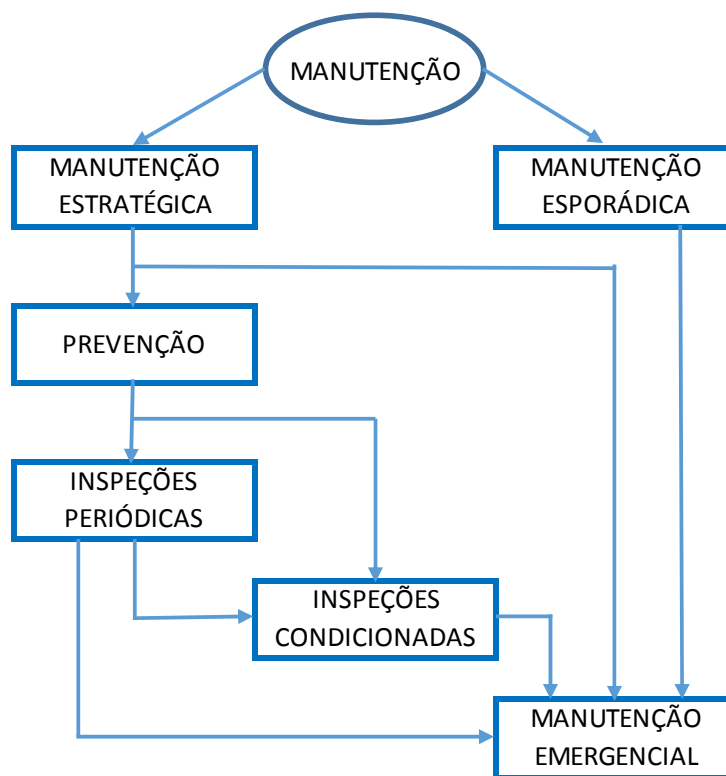


Figura 13: Critérios para manutenção das estruturas

Fonte: Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto (1998)

2.6.2 Etapas do Diagnóstico

Antes de realizar os Reparos nas Estruturas, Medeiros (2010) apresenta em seu artigo alguns passos para realização de um diagnóstico das patologias estruturais:

- a) Vistorias preliminar - é realizado um levantamento superficial das manifestações patológicas para se ter uma noção do grau de deterioração da estrutura.
- b) Anamnese - Fase em que se realiza um levantamento junto aos usuários da estrutura sobre a utilização, histórico de manutenções, histórico das manifestações (surgimento, evolução).
- c) Levantamento documental - Procura-se buscar o máximo de documentos existentes da estrutura afetada, tais como projeto estrutural, as-built, memorial descritivo, diário de obras, cartas de traço

do concreto empregado, certificados técnicos do controle tecnológico. Com raras exceções, nas obras de vulto (como usinas hidrelétricas), consegue-se pelo menos 10% dessa documentação.

d) Vistoria detalhada - Realização de levantamento detalhado da estrutura afetada, com registro de todas as manifestações e sintomas, como fissuras, trincas, deslocamentos de concreto, corrosão visível de armaduras etc.

e) Conclusão - Compilação dos dados, análise criteriosa e parecer final. Nessa fase, pode-se necessitar de uma equipe multidisciplinar para realizar a análise e o parecer. Quando as causas e origens estiverem relacionadas a sobrecargas na estrutura, será necessária a presença de um engenheiro projetista estrutural para fazer a análise e propor o reforço.

2.6.3 Reparo da Estrutura

Após a coleta de dados e se for decidido que será optado por reparar a estrutura analisada, Souza e Ripper (1998) orientam que os serviços de reforço requerem sempre a prévia elaboração de trabalhos de cálculo estrutural, sejam estes serviços derivados de necessidade de alteração na funcionalidade da estrutura, aumento da carga de utilização, por exemplo, ou como consequência de danificação sofrida pela estrutura, casos em que o reforço estará inserido nos trabalhos de recuperação.

A partir do cálculo poderão ser estabelecidos elementos básicos para a execução do reparo, conforme Souza e Ripper (1998):

- definição precisa das peças da estrutura em que será necessário proceder-se ao reforço, e a extensão desta intervenção, e daquelas em que será suficiente apenas a recuperação, entendendo-se como tal a reconstituição das características geométricas, de resistência e desempenho originais;
- indicação da necessidade ou não da adoção de procedimentos de escoramento durante os trabalhos;
- avaliação do grau de segurança em que se encontra a estrutura, antes, durante e depois da execução do reforço;

- escolha da técnica executiva a utilizar;
- determinação das tarefas necessárias e das quantidades reais de trabalho a realizar, isto é, definição do custo real da empreitada, em conjunto com os elementos da inspeção técnica realizada.

A seguir algumas técnicas de reparo de estruturas:

2.6.3.1 Polimento

O polimento é recomendado para superfície das estruturas de concreto que se apresenta inaceitavelmente áspera, quer em decorrência de deficiências executivas quer como resultado do desgaste pelo próprio uso, afirmam Souza e Ripper (1998).

Souza e Ripper (1998) também afirmam que o polimento visa reconduzir a superfície de concreto à sua textura original, lisa e sem partículas soltas, o que pode ser conseguido manualmente ou mecanicamente, com lixadeiras portáteis, ou, ainda, para grandes superfícies, através de recurso a máquinas de polir pesadas.

2.6.3.2 Saturação

A saturação é o processo preparatório de superfícies e que visa garantir melhor aderência das mesmas aos concretos ou às argamassas de base cimentícia que sobre elas serão aplicadas, como argamassas complementares ou alteração da geometria original das peças de concreto, afirmam Souza e Ripper (1998).

2.6.3.3 Corte ou remoção de concreto

Souza e Ripper (1998) apresentam que convencionou-se chamar de corte a toda e qualquer remoção de concreto que, sem ser apenas uma limpeza superficial e sem também ser propriamente uma demolição. De maneira mais

precisa, o corte pode ser definido como sendo a remoção profunda de concreto degradado.

É fundamental e indispensável que o corte afete apenas o concreto degradado, sem ferir o concreto sã, o que seria contra a segurança e antieconômico. Um exagero no corte poderá ferir indevidamente o elemento estrutural. No caso de remoção muito profunda, e para facilitar a futura aderência do material de reposição, as arestas internas da superfície procurando-se manter os seus cantos arredondados, como mostra a Figura 11.

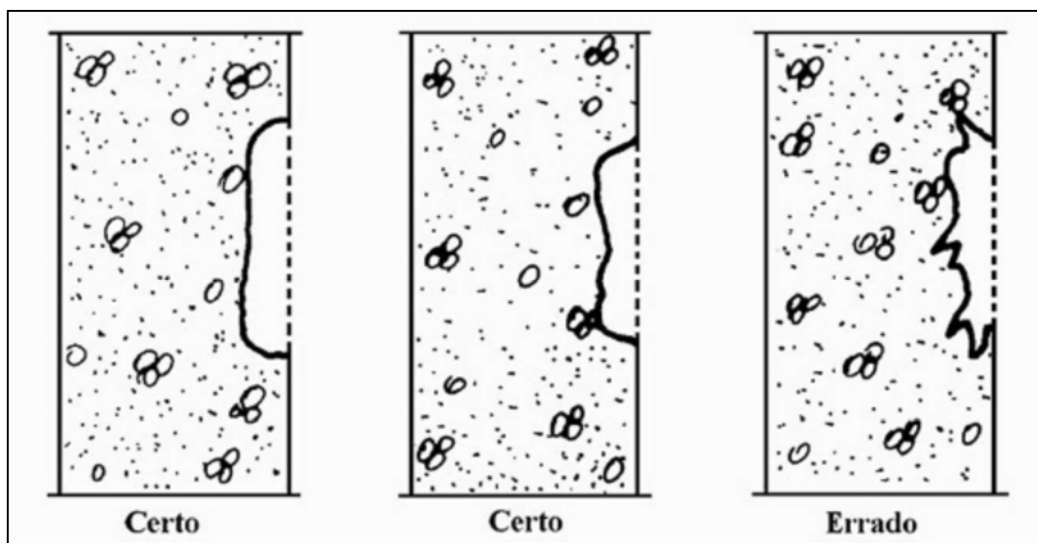


Figura 14: Aspecto final da cavidade na intervenção de corte de concreto

Fonte: Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto (1998)

“Após a desforma, a peça reparada pode apresentar algumas protuberâncias que, principalmente por motivos estéticos, devem ser cuidadosamente removidas, utilizando-se, para tanto, ponteiros ou talhadeiras e marreta” (SOUZA E RIPPER, 1998), da forma mostrada na Figura 12.

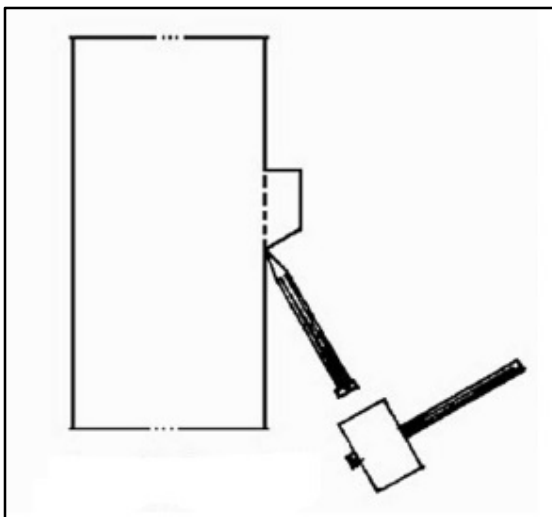


Figura 15: Remoção de concreto excedente

Fonte: Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto (1998)

2.6.3.4 Reparos com Argamassas

Segundo Souza e Ripper (1998), esta é uma técnica que pode, em princípio, ser utilizada para reparos superficiais de qualquer tamanho em área, mas apenas para pequenas profundidades.

Para reparo superficiais com argamassa, Piancastelli (1997) demonstra que tais reparos são exigidos em função de disgregações, desagregações, segregações, porosidades ou contaminações que atingem o concreto de cobrimento das armaduras. Abaixo, segue os passos para execução desse reparo com argamassa pré-dosada:

- a) tratar o substrato e umedecê-lo sem saturação;
- b) preparar a argamassa;
- c) aplicá-la pressionando-a contra o substrato, inicialmente com as mãos, e, a seguir, com espátula ou colher de pedreiro, obedecendo-se a espessura máxima preconizada pelo fabricante para cada camada e dando-lhe acabamento final com desempenadeira metálica;
- d) executar cura úmida.

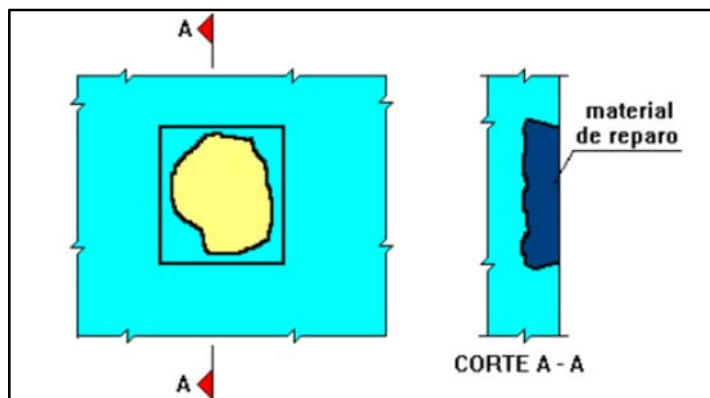


Figura 16: Reparos Localizados Superficiais

Fonte: Patologia e terapia das estruturas (1997)

Para reparos localizados profundos, Piancastelli (1997) diz que convencionou-se chamar de profundos os reparos cujas profundidades ultrapassam a camada de cobertura das armaduras. Esse tipo de reparo, geralmente, surge devido à ocorrência de segregações, ninhos, ou presença de corpos estranhos ao concreto. Abaixo, segue os passos para execução desse reparo com argamassa pré-dosada:

- a) tratar o substrato e umedecê-lo, sem saturá-lo;
- b) instalar formas com cachimbo (se necessário, aplicar antes adesivo epóxi de elevado “pot-life”);
- c) preparar a argamassa ou o concreto grout (argamassa grout + pedriscos);
- d) lançar o grout nas formas e adensá-lo;
- e) antes do completo endurecimento do grout, desformar e, cuidadosamente, retirar seu excesso. Tal excesso pode ser retirado através de corte e lixamento.
- f) executar cura.

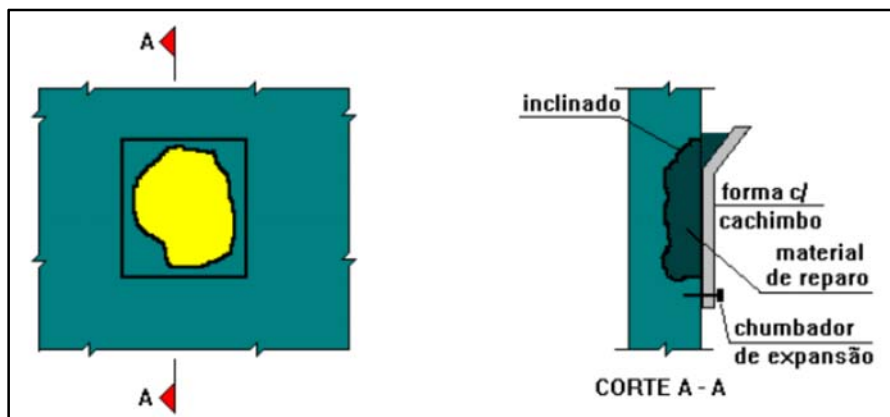


Figura 17: Reparos Localizados Profundos

Fonte: Patologia e terapia das estruturas (1997)

2.6.3.5 Reforços

Segundo Souza e Ripper (1998), os motivos pelos quais são necessários trabalhos de reforço em uma estrutura de concreto ou em um ou mais de seus elementos estruturais são os seguintes: correção de falhas de projeto ou de execução; aumento da capacidade portante da estrutura; regeneração da capacidade portante, diminuída em virtude de acidentes, ou de desgaste ou deterioração; e modificação da concepção estrutural, como o corte de uma viga, por exemplo, por necessidade arquitetônica ou de utilização.

2.6.3.6 Reforços com Fibras de Carbono

Para Relvas (2003), o uso de novos elementos para reforços de estruturas de concreto armado que apresentam algum tipo de patologia é uma atividade cada vez mais intensa. A terapia para estas anomalias, já existentes ou previstas de acontecer, poderá ter solução de reforço ou restauração através destes novos elementos.

“Os materiais compósitos de PRFC (Polímero Reforçado com Fibra de Carbono), são constituídos basicamente por dois componentes com características diferentes e que vão se conjugar. O primeiro, as fibras de carbono que se apresentam sob a forma de filamentos de pequeno diâmetro com

resistência a tração e módulo de elasticidade elevados, tem baixa densidade e comportamento frágil (elástico e sem patamar de escoamento). O segundo a matriz, deve ter excelentes características do ponto de vista da durabilidade e apresentar um comportamento dúctil”. (RELVAS, 2003)

Relvas (2003) apresenta que para estruturas com esforços a flexão, vigas, as fibras de carbono podem ser utilizadas para absorver os esforços de tração devidos aos momentos fletores positivos e negativos, bem como as tensões tangenciais decorrentes dos esforços de cisalhamento.

Nakamura (2009) descreve as Mantas de Fibras de Carbono, caracterizando-as pela alta resistência, baixo peso próprio, grande durabilidade e capacidade de assumir formas complexas. Têm aplicação rápida e resistem a tensões de tração de até 4.500 MPa. Têm custo cerca de 40% superior às soluções mais convencionais de reforço.

Para a instalação do sistema, Machado (2002) apresenta algumas etapas de preparação da base da estrutura e execução do reforço com a manta de fibra de carbono:

- a) Recuperação do substrato de concreto: Remoção de material desagregado, danificado e comprometido;
- b) Injeção das fissuras trincas injetar todas as fissuras com mais de 0,25mm de abertura as fissuras que não podem ser injetadas devem ser preenchidas com resinas;



Figura 18: Passivação de armaduras e injeção de fissuras por epóxicos.

Fonte: Acervo de Ari de Paula Machado (2006)

- c) Arredondamento dos cantos vivos da estrutura, necessário para aderência da manta e evitar eventuais vazios entre o concreto e o carbono;
- d) Limpeza da superfície onde se vai aplicar o sistema;

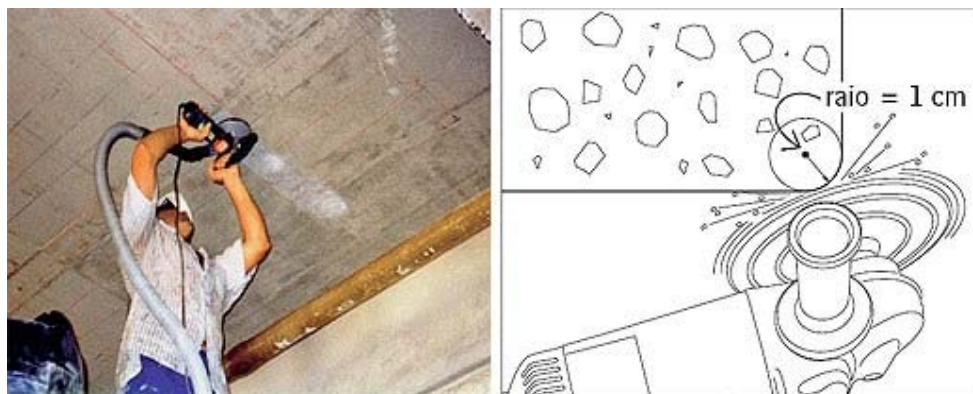


Figura 19: Preparação da superfície e arredondamento de cantos vivos.

Fonte: Acervo de Ari de Paula Machado (2006)

- e) Imprimação da superfície, que tem como objetivo penetrar nos poros do concreto, para que juntamente com a película aderida à superfície, seja criada uma ponte de aderência eficiente para o sistema;
- f) Corte da fibra de carbono na bancada;
- g) Primeira saturação da fibra de carbono: realizada na bancada antes da aplicação (saturação via úmida);



Figura 20: Corte e primeira imprimação.

Fonte: Acervo de Ari de Paula Machado (2006)

- h) Posicionamento da fibra na estrutura de concreto: aplicar no máximo 30 minutos após a imprimação, posicionar e alinhar a fibra junto ao concreto;
- i) Segunda saturação da fibra: aplicado diretamente sobre a fibra de carbono após ser aplicada no concreto (saturação via úmida). É necessária para completa imersão da fibra (fibra encapsulada);



Figura 21: Aplicação da fibra e segunda camada de saturação.

Fonte: Acervo de Ari de Paula Machado (2006)

- j) Acabamento de proteção de superfície da fibra de carbono: camada de função protetora e estética.



Figura 22: Aplicação da camada de proteção e/ou estética.

Fonte: Acervo de Ari de Paula Machado (2006)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo apresenta-se os métodos de diagnósticos das patologias. Eles foram baseados nos passos apresentados por Souza e Ripper, citados no capítulo 2.6.2:

- Vistoria
- Anamnese
- Levantamento Documental
- Vistoria detalhada
- Conclusão

3.1 METODOLOGIA

No intuito de caracterizar as patologias geradas na interface entre estrutura pré-moldada e estrutura convencional de uma obra residencial foram avaliadas as origens, os mecanismos e as soluções das patologias encontradas, através de análise de dados e amostras.

O estudo de caso foi realizado em uma obra localizada na cidade de Curitiba-PR na região do bairro Campo Comprido. A obra possui 6 torres, sendo 3 torres de 21 pavimentos e 3 torres de 20 pavimentos. Possui 3 níveis de subsolo, sendo estes reservados ao uso de estacionamentos para os futuros moradores.



Figura 23: Implantação geral do empreendimento

Fonte: Gafisa (2013) – www.gafisa.com.br/parqueecoville

A obra analisada está sendo construída utilizando concreto armado, sendo que dentro desse sistema foi utilizado para a execução das torres de apartamentos o concreto armado convencional e para a área comum e subsolos utilizou-se estruturas pré-moldadas.

A utilização de pré-moldados ocorreu devido à identificação de problemas com prazos de entrega. Estes teriam maior incidência se a obra fosse executada integralmente no modo convencional.



Figura 24: Estrutura convencional e pré-moldado

Fonte: Gafisa (2013) – www.gafisa.com.br/parqueecoville

O estudo iniciou-se com a análise de elementos de estruturas pré-moldado e convencional que apresentavam alguma ligação ou interferência entre ambas estruturas. Foi feita a inspeção *in loco* (análise visual e tátil) e coleta de informações com funcionários da obra. Foi feita também a análise e revisão dos projetos arquitetônico e estrutural dos dois tipos de estrutura (convencional e pré-moldada) para levantamento das possíveis causas das patologias existentes.

O levantamento das patologias foi catalogado através de um mapeamento em projeto e utilizando uma tabela de apoio que são os Anexos A, B, C e D.

Após esta etapa foi feito um diagnóstico das situações encontradas nos levantamentos, embasado em estudos realizados sobre construções convencionais e estruturas pré-moldadas. Este diagnóstico teve como objetivo buscar a origem e evolução do problema e os mecanismos existentes para amenizar e/ou resolver este problema.

Com o diagnóstico elaborado foram então sugeridas algumas recomendações que visem evitar ou minimizar a ocorrência dos tipos de patologias encontradas na obra que foi analisada. Estas recomendações se deram de forma generalizada para que possam ser aplicadas à patologias semelhantes.

Para as patologias que foram reparadas, houve o acompanhamento e descrição dos passos executados.

3.2 MAPEAMENTO

O mapeamento foi realizado através de inspeção visual, utilizando como ferramentas de base o registro fotográfico e a classificação através da tabela de coleta de dados (Anexo A). Os dados foram anotados na tabela, conforme as categorias constantes na figura 25.

Nº AMOSTRA	TIPO PATOLOGIA ENCONTRADA	TIPO DE DANO	PROVÁVEL AGENTE CAUSADOR	LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA	OBSERVAÇÕES
------------	---------------------------	--------------	--------------------------	--------------------------	-------------

Figura 25: Categorias constantes na tabela de coleta de dados.

As amostras foram numeradas para facilitar a distinção entre elas.

O tipo de patologia encontrada foi classificado dentre as patologias mais encontradas que foram: trincas, fissuras, rachadura e falhas de concretagem. As trincas e fissuras foram classificadas seguindo as medidas normatizadas. As rachaduras foram consideradas somente como item de classificação, sendo estas as aberturas acima de 1mm. As falhas de concretagens foram assim classificadas devido a patologias encontradas sob má-execução. As patologias que necessitavam de medidas para serem classificadas foram medidas com o auxílio de trena.

O tipo de dano causado trata-se de qual consequência estas patologias podem trazer à estrutura e foram classificados em estético, funcional e estrutural.

O agente causador é o provável responsável pela patologia encontrada.

A localização na estrutura indica em qual elemento estrutural está localizada a patologia por amostra.

As observações são observações gerais que foram consideradas como relevantes para a análise dos casos de patologia encontrados.

Esses registros foram coletados durante o período de 4 meses, analisando as áreas referente a estruturas pré-moldadas e estruturas convencionais, que se localizam nos subsolos da obra em questão.

Para o estudo foram utilizadas 63 amostras, sendo que apenas algumas delas foram registradas com fotografias e que todos os dados coletados estão registrados na tabela de coleta dados no Anexo A.

3.3 QUANTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS

Após a etapa de mapeamento das patologias, estas foram avaliadas quantitativamente, utilizando critérios separados por categorias, e analisadas a partir dos valores encontrados.

As categorias analisadas foram as seguintes:

- De acordo com o número de registros encontrados de certa patologia;
- Tipo de dano causado;
- Agentes causadores;
- Patologias encontradas por elementos estruturais.

A categoria de análise dos dados de acordo com o número de registros encontrados de uma patologia específica determina o percentual de amostras analisadas que possuem as características de certa patologia sendo classificada por fissura, trinca, rachadura e falhas de concretagem no item tipo de patologia encontrada na tabela de coleta de dados.

Os tipos de danos causados foram analisados pela quantidade encontrada de cada categoria analisada nas amostras.

Para a análise por agentes causadores foram quantificadas as amostras de acordo com os prováveis agentes causadores da patologia. Foram levados em consideração os itens mais apontados na bibliografia, que são:

- Execução;
- Fabricação ou montagem do pré-moldado;
- Projeto (falta de compatibilização, falta de detalhes construtivos, etc).

Para as patologias que não foram classificadas, foram marcadas como não identificadas, pois precisaria de uma análise mais precisa para definir agente causador.

A última análise quantitativa levou em conta o elemento estrutural em que a patologia se encontrava, sendo que os principais elementos com patologias aparentes foram: vigas, lajes, pilares, consoles e cortinas.

Para a demonstração das análises feitas, utilizou-se gráficos percentuais, que são apresentadas no item 4.5.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DA AMOSTRA 01 – ACOMPANHAMENTO DO REPARO ESTRUTURAL

4.1.1 Situação inicial

Devido a uma falha de projeto, a viga da estrutura convencional (V205b) não apresentava o console onde seria apoiada a viga da estrutura pré-moldada e também não apresentava a altura adequada, como mostra a Figura 26 abaixo. A altura da viga tinha 55cm com a espessura da laje de 14cm, ficando com 41cm. Mas como pode ver na Figura 28, a viga pré-moldada que seria apoiada tinha a altura de 50cm, necessitando um complemento de 15cm.

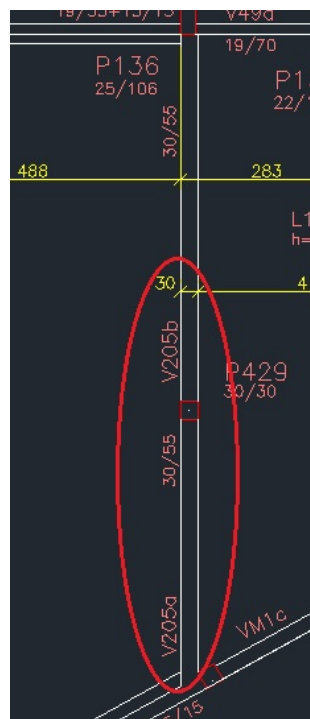


Figura 26: V205b – Projeto estrutura convencional

Após a estrutura (viga V205b) estar devidamente concretada, houve a necessidade de fazer esse complemento na altura da viga e executar também o

console de apoio da estrutura que não existia no projeto da estrutura convencional, por falta de compatibilização.

Como ainda pode observar na Figura 26, o projeto não previa o console necessário para o apoio da viga VF252, demonstrada na Figura 27, abaixo:

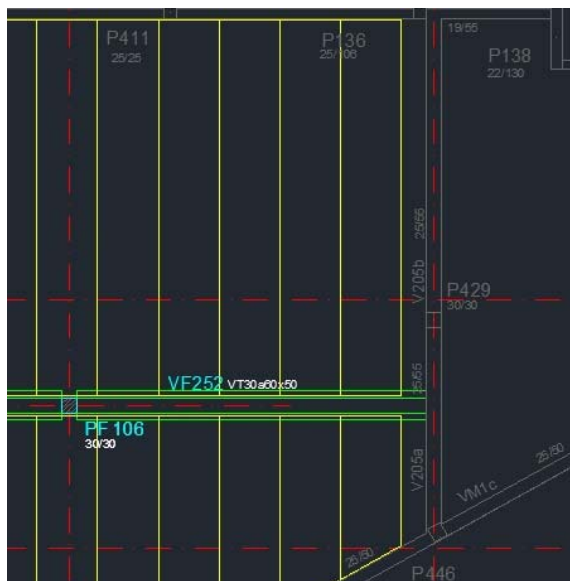


Figura 27: VF252 – Projeto estrutura pré-moldada

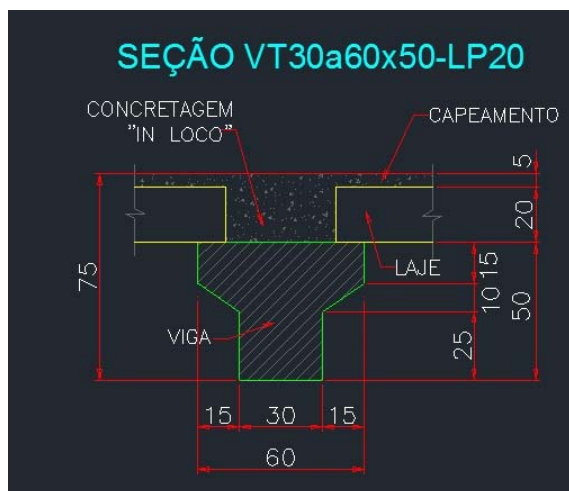


Figura 28: Seção da viga VF252 – Projeto estrutura pré-moldada

Como o período de adequação foi antes do início desse trabalho, não foram encontrados registros da execução do complemento na viga.

O primeiro registro apresenta a viga com a patologia já em evidência, ou seja, após a execução do complemento. Foi colocado peças de escoramento

metálico com fins de segurança e liberação de esforços recebidos pelo console, pois a estrutura já apresentava uma situação de ruína, já que após alguns série de registros diários, a viga apresentava evolução das trincas e deslocamento da emenda (Figura 30).



Figura 29: Descolamento da emenda na viga (limpeza)



Figura 30: Evolução das Fissuras

4.1.2 Início dos Reparos

Após a colocação das escoras metálicas, foi dado o início das atividades de reparo da estrutura.

O primeiro passo foi a limpeza da estrutura. Como as trincas estavam aparecendo na região de maior tensão, a emenda da viga, foi realizado o picoamento da região com martetele mecânico e conjunto marreta e ponteira.



Figura 31: Início da limpeza

Após a limpeza, foi feito o preenchimento com a argamassa Reparo Estrutural Quartzolit para preenchimento da viga. Foram realizadas em 3 etapas: primeira camada de preenchimento, segunda camada de preenchimento, acabamento e nivelamento da argamassa.



Figura 32: Preenchimento da rachadura da viga (1ª camada).



Figura 33: Preenchimento da rachadura da viga (2ª camada).



Figura 34: Preenchimento da rachadura da viga (acabamento).

4.1.3 Reforço estrutural com Fibra de Carbono

Após o tratamento das fissuras, foi executado o reforço estrutural com fibra de carbono.

O processo foi executado conforme explicado no tópico 2.6.3.6. Foi executado a imprimação, saturação da fibra e aplicação da fibra no concreto, como pode observar nas Figura 35 e 36 abaixo.

O tempo para a execução do processo de aplicação foi de aproximadamente 4 horas, iniciado às 8:00 horas da manhã e terminado próximo das 12:00 horas.



Figura 35: Reforço estrutural com fibra de carbono.



Figura 36: Reforço estrutural com fibra de carbono.

Após o tempo de espera da cura do sistema, foi aplicado no dia posterior, a camada protetora, conforme a Figura 37:



Figura 37: Acabamento final do sistema de fibra de carbono.

Essa escolha pelo reforço de fibra de carbono, já era sugerido pela empresa que fabricou e montou a estrutura pré-moldada, que já havia executado esse sistema de reforço em outras obras de sua autoria.

4.2 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETO, FALTA DE JUNTA DE DILATAÇÃO

As patologias causadas por falta de junta de dilatação foram encontradas nas amostras 02, 03, 23, 48 da tabela de coleta de dados (Anexo A).

O projeto arquitetônico, prevê uma dilatação no piso do subsolo, devido à sua extensão. A junta de dilatação pode ser vista na Figura 38, na qual é mostrado um trecho do projeto arquitetônico que indica estas juntas.

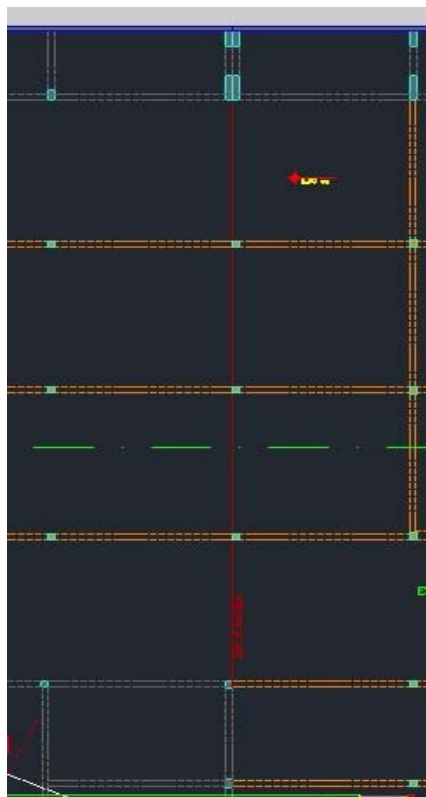


Figura 38: Junta de dilatação - Arquitetônico.

No projeto do concreto convencional estas juntas também foram indicadas corretamente, como observado na Figura 39.

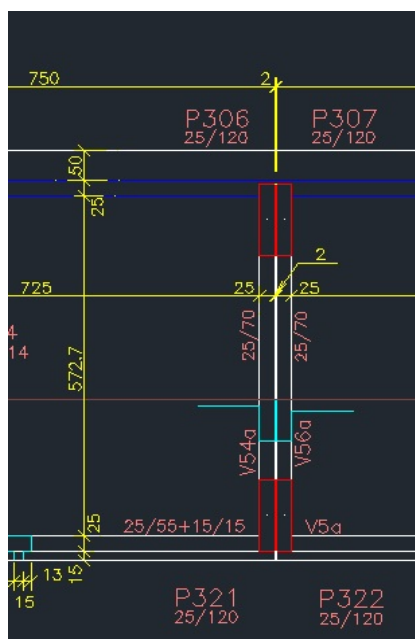


Figura 39: Junta de dilatação - Estrutura Convencional.

Em contrapartida, no projeto de estrutura pré-moldada estas juntas não foram indicadas (Figura 40) e isso acarretou na execução errônea dos elementos pré-moldados, resultando em elementos contínuos e com trincas.

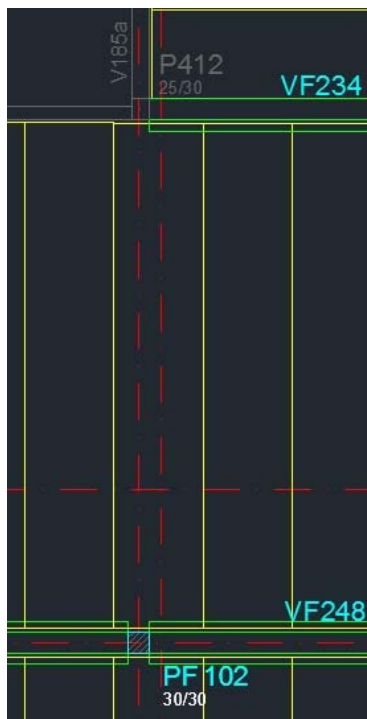


Figura 40: Junta de dilatação – Estrutura Pré-moldada.

Como pode ser observado, as duas linhas vermelhas tracejadas, representam a dilatação a ser considerada. Mas o projeto não levou em conta, como mostra a as linhas amarelas, que representam 1 (um) módulo de laje pré-moldada.

Nas imagens abaixo, nas figuras 41 e 42, pode-se observar várias trincas encontradas onde deveria haver uma dilatação da estrutura.



Figura 41: Trinca na laje pré-moldada.

Na Figura 41 acima, mostra a trinca onde deveria ter uma dilatação. Pode-se observar na imagem os 2 pilares formando a dilatação da estrutura convencional, onde são apoiado a viga pré-moldada e a convencional.

Na Figura 42 abaixo, a trinca de dilatação da laje está se estendendo para a viga onde está apoiada.



Figura 42: Trinca na laje e viga pré-moldada.

Para tentar amenizar o erro, foram feitos cortes sobre o piso (capeamento da laje pré-moldada). Os cortes foram realizados no alinhamento previsto no projeto, conforme Figura 43 abaixo.



Figura 43: Execução do corte.

A máquina utilizada foi uma cortadora de piso leve Husqvarna FS 305, o corte foi de 50mm de profundidade e 8mm de largura. Após corte, foi realizada a limpeza do vão e preenchimento com tarucel e selante Sika 221. Como o pilar estava no alinhamento do corte, foi realizado o corte diamantado, ou seja, é realizado um losango para direcionamento da propagação da trinca.

Mesmo realizando o corte no piso, a laje ainda apresentava a trinca vista na laje de baixo. Assim, seria recomendado a execução do mesmo processo de corte na parte inferior da laje, com uma ferramenta porte menor, para conduzir a dilatação.

O processo corretivo de corte, sempre apresentará patologias relacionadas a fissuração das peças das lajes. Como mostra a Figura 44, onde apresenta o piso já cortado e com selante aplicado, e apresentando fissurações.

Na Figura 44, pode-se observar que a trinca que representa o trabalho da dilatação, não está sendo direcionada pelo corte, assim, necessita-se refazer o corte.



Figura 44: Fissuração do piso após reparos

4.3 PATOLOGIA NA VIGA V152 E V153

Devido a uma decisão da engenharia, presando pela logística de montagem da estrutura pré-moldada, as vigas V152b e V153b foram executadas em um período posterior do restante da estrutura convencional adjacente.

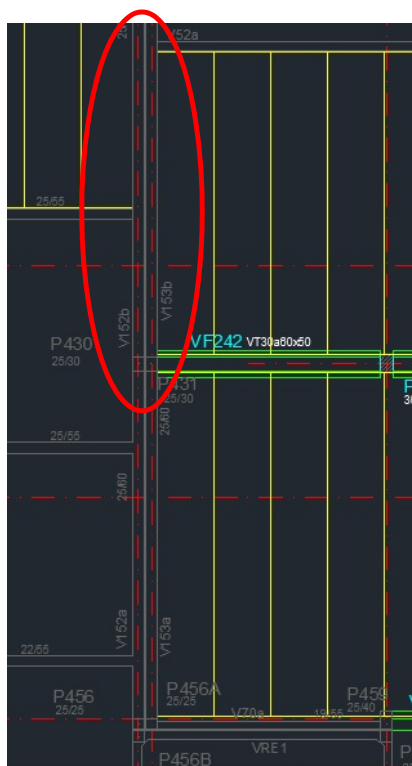


Figura 45: Detalhe das vigas V153 e V152

Como a estrutura pré-moldada não era apoiada na viga V153, a equipe de obra junto com a equipe de projetos, decidiram executar o trecho após a montagem da estrutura, assim, facilitando o trabalho de guindastes que faziam a montagem das peças.

A execução desse trecho, foi executada sem os devidos cuidados. As vigas não foram isoladas corretamente uma da outra, e como elas são afastadas apenas 2 cm, a estrutura ficou como mostra a situação da Figura 46 abaixo, onde não houve total separação do concreto da viga.



Figura 46: Vigas V153 e V152 – situação executada

Mesmo que o perigo estrutural não seja imediato, o dano funcional apresentado é evidente e necessita de reparos. Como são 2 elementos estruturais independentes, deve-se fazer a devida separação e isolar com selante com base de poliuretano monocomponente, o mesmo utilizado após os cortes apresentado no tópico 4.2.

A patologia apresentada nesse capítulo é referente aos item 38 da tabela de mapeamento (Anexo A).

4.4 COMENTÁRIOS DE PATOLOGIAS EM GERAL

4.4.1 Fissuração em consoles e apoios

Um dos elementos mais importantes de interação entre as duas estruturas analisadas nesse trabalho, os consoles e apoios, apresentaram diversas fissurações.



Figura 47: Fissuração em console – Amostra 43



Figura 48: Fissuração em apoio de laje pré-moldada – Amostra 15



Figura 49: Fissuração e desagregação de concreto em apoio de laje pré-moldada – Amostra 12



Figura 50: Fissuração na laje pré-moldada e console – Amostra 26

Como explicado anteriormente, é muito comum o aparecimento de fissuras em consoles. As tensões cisalhantes sofridas por esses elementos, pode acarretar em patologias se não forem executados com mais qualidade e precisão.

Até o momento, não houve a necessidade de reforços, mas a execução de reparos se faz necessária. Deve-se executar os reparos conforme apresentado anteriormente no capítulo 2.6.

Algumas das patologias foram reparadas no período de coleta de dados.

4.4.2 Patologias por má-execução

Foram encontradas algumas patologias por falta de qualidade e inspeção da execução.

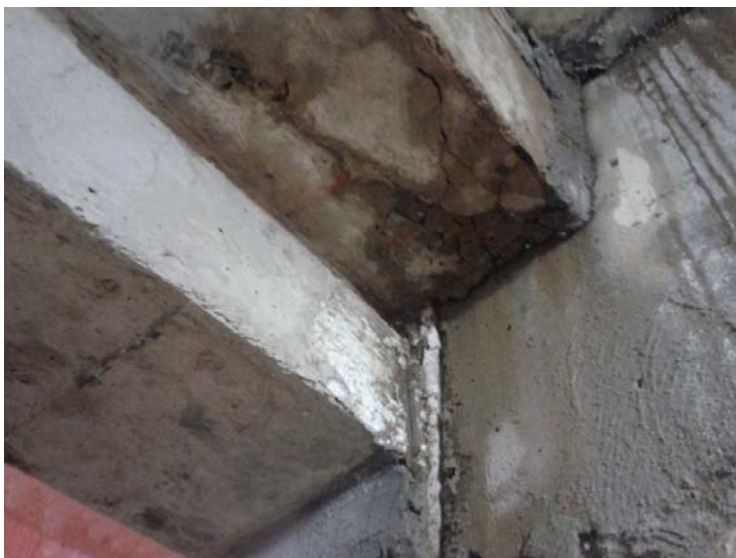


Figura 51: Falha de concretagem em apoio – Amostra 33

Na Figura 51 foi encontrada uma patologia devido a falha de concretagem, onde o apoio na viga convencional começa ter fissuração na região onde o concreto segregou devido a provavelmente a utilização incorreta do vibrador elétrico na concretagem.



Figura 52: Falha de concretagem em apoio – Amostra 32

Na Figura 52 foi encontrada um resto da forma de concretagem. Essa falha acarretou em uma diferença na forma original da estrutura.

Para reparos, deve-se retirar os elementos que não pertencem a estrutura e fazer o complemento do pilar e do apoio.



Figura 53: Falha de concretagem em apoio – Amostra 50

A Figura 53 apresenta uma falta de concreto no final do apoio, expondo a armadura que, como mostra na imagem, há presença de infiltrações.

Deve-se fazer a limpeza da armadura e reparar com grout o apoio. A longo prazo, a infiltração pode comprometer a armadura.

4.4.3 Patologias na Cortina de concreto armado

A cortina de concreto armado apresentada, foi a vedação e contenção das paredes da estrutura pré-moldada, como apresentada na figura 54:



Figura 54: Cortina de concreto armado e estrutura pré-moldada – Amostra 42

Como os elementos da estrutura pré-moldada tem a função da estrutura da garagem a cortina tem a função de vedação e contenção do solo adjacente, a duas estruturas deveriam apresentar um isolamento entre si.

Como pode-se observar, há infiltração de água devido à falta de vedação entre as estruturas.

Há também a presença de falhas de concretagem na região de encontro entre as estruturas.

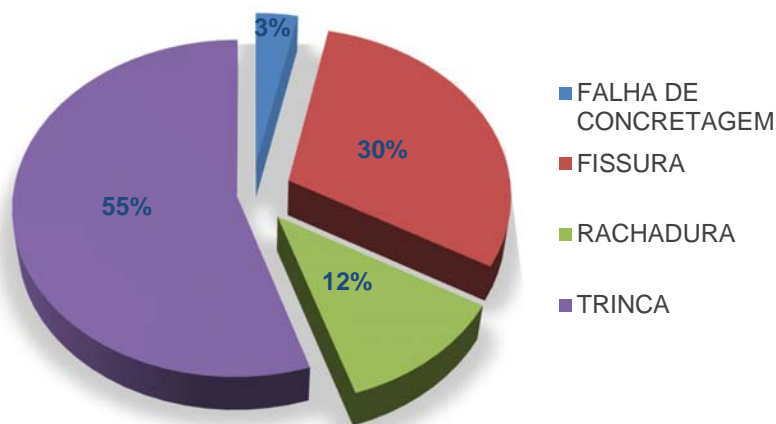
Para amenizar esse problema, deve-se atentar na sequência construtiva e prever isolamento das estruturas.

4.5 ORGANIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Os gráficos foram elaborados baseando-se nas informações encontradas na tabela de dados. Com estes dados tentou-se reproduzir um diagnóstico da situação geral encontrada na obra em relação às patologias encontradas relacionadas com o problema gerado na interface concreto convencional / concreto pré-moldado.

No Gráfico 1 são demonstradas as taxas encontradas dos tipos de patologias nas amostras analisadas.

Gráfico 1: Incidência de patologias específicas.



A patologia mais encontrada nas amostras foi a trinca, isso ocorre, provavelmente a análise já apresentada referente a falta de dilatação da estrutura pré-moldada, as trincas já estão em um estágio de patologia mais avançado. Isso evidencia a urgência de cuidados que a estrutura necessita.

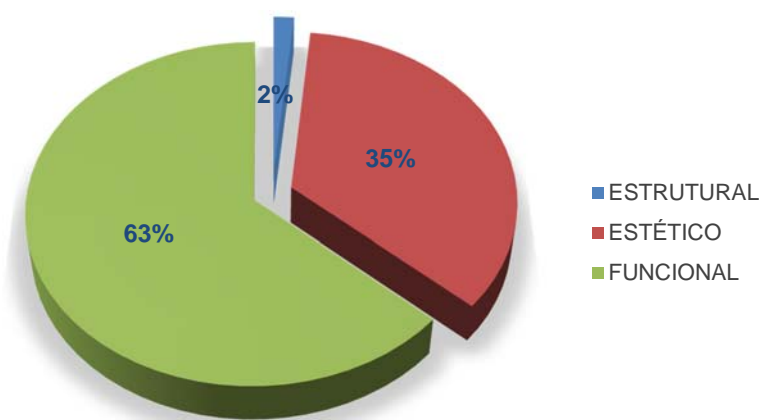
Já a falha de concretagem possui menor incidência pois foram pontos ocasionais de descuido e má-execução da mão-de-obra. Vários pontos não catalogados foram reparados logo após a desforma.

As rachaduras, assim classificadas nesse trabalho, foram classificadas nos pontos críticos onde houve reparo emergencial e onde, nas juntas de dilatação, houve grande evolução da trinca.

Os danos encontrados na estrutura foram na maioria das vezes de cunho funcional, como pode ser observado no Gráfico 2. As patologias consideradas como funcionais foram as que se apresentaram como elementos que trariam mau funcionamento à estrutura sem afetar a estabilidade estrutural e sem necessitar de reforços, como por exemplo, onde houve a falta de junta de dilatação, não apresentou um risco estrutural, mas a estrutura não está trabalhando como deveria.

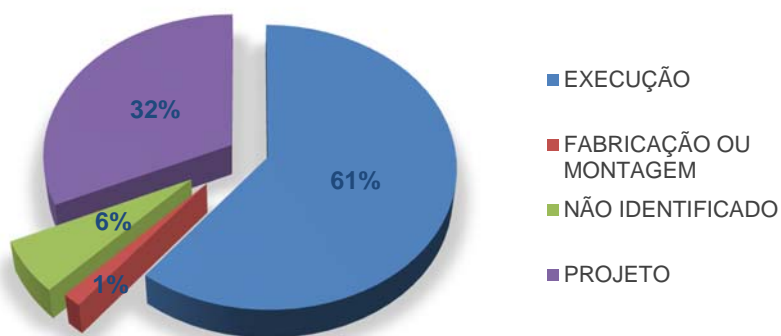
Somente os trechos que apresentavam grande influência sobre a estrutura e necessitaram de reforços foram considerados como estruturais, isso deve-se ao fato de ser o dano que apresenta o menor percentual de incidência.

Gráfico 2: Quantificação dos tipos de danos causados.



No Gráfico 3 pode-se observar a porcentagem encontrada de erros de execução, projeto, fabricação ou montagem que provavelmente causaram as patologias encontradas nas amostras.

Gráfico 3: Quantificação dos prováveis agentes causadores das patologias.

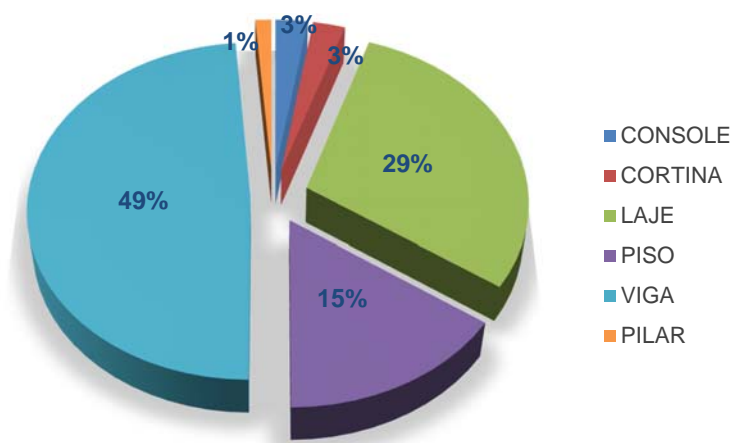


Os agentes causadores mais encontrados foram os erros de execução com 61% de ocorrência, seguidos por erros de projeto com 32% e erros de fabricação ou montagem com 6%. Os agentes causadores não identificados, que estão em somente 3% das amostras, são os que não obtiveram-se informações suficientes para serem classificados em nenhuma das outras três categorias de maior incidência.

O gráfico apresenta que houve uma deficiência no controle de qualidade da execução pela parte da estrutura convencional. O alto valor para os erros de projetos foram justificados pela falta de compatibilização entre o projeto da estrutura convencional e pré-moldada.

Os elementos estruturais que apresentaram a maior parte das patologias encontradas foram as vigas com 49%, as lajes e pisos também apresentaram valores consideráveis sendo 29% e 15% respectivamente. Esses resultados podem ser observados no Gráfico 4.

Gráfico 4: Incidência das patologias nos elementos estruturais.



As vigas apresentaram os piores resultados pois é um trecho de encontro de estruturas e onde se encontram os apoios das lajes pré-moldadas. Há também as vigas que sofrem maiores esforços de flexão e principalmente quando mal executadas podem ocorrer patologias com maior frequência.

As lajes também apresentaram valores altos devido à erros de projeto relacionados à falta de junta de dilatação estrutural, como exemplificado no item 4.2.

As patologias encontradas em piso, são referente as patologias explicadas no item 4.3.

Mesmo com um porcentual de ocorrência relativamente baixo, o console é item que apresentou as patologias mais críticas, as com riscos estruturais.

O elemento estrutural, cortina, apresentou em poucas ocasiões por ser um item de pouca ocorrência na obra analisada. Havia apenas 2 regiões com essa situação, encontrada no 3º subsolo, apresentado no anexo D.

5 CONCLUSÕES

Os resultados encontrados na análise das amostras foram coerentes e seguem dentro do esperado em relação ao tipo de patologia que é causada por certo agente em específico elemento estrutural, como por exemplo, após encontrado a falha de projeto relacionado a junta de dilatação, foi observado que a mesma acarretou em diversas patologias. Contudo, a análise de outros casos se é necessária para comparar e traçar um perfil real global da situação das patologias nas interfaces pré-moldado / convencional.

Além das análises realizadas nesse trabalho, para um estudo mais preciso das patologias, recomenda-se para futuros trabalhos realizar ensaios em corpo de prova, análises dos cálculos de projetos, análise do concreto em laboratório, entre outros.

Percebe-se que os principais agentes causadores das patologias são os erros de execução e erros de projeto. O investimento em mão-de-obra especializada e melhor compatibilização de projetos seriam soluções ideais para evitar os problemas causados pelas patologias e minimizar gastos com técnicas de reparo onerosas.

A prática de utilização de projetos cada vez mais especializados, acarreta na falta de comunicação entre escritórios de engenharia, resultando em falhas observados nesse trabalho.

Como a utilização deste tipo de construção mista, empregando concreto pré-moldado e estruturas convencionais, está se tornando cada vez mais comum, o planejamento antes e durante a execução da obra são fundamentais para um fluxo ideal de produção, com o mínimo de retrabalho possível.

O estudo de patologias como as estudadas neste trabalho, devem ser aprimorados a cada dia, pois além de ampliar o conhecimento nesta área, ajudam a desenvolver técnicas e materiais de restauração de estruturas e auxiliam na conscientização da importância de planejamento nas construções.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, CIMENTO e CONCRETO: BOLETIM DE INFORMAÇÕES. Formas de madeira para estrutura de concreto armado de edifícios comuns, n.50. São Paulo, 1994.

ALBUQUERQUE, A. T. de; EL DEBS, M. K. **Levantamento dos sistemas estruturais em concreto pré-moldado para edifícios no Brasil**. São Carlos: Campus, 2005.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Previsão e Controle das Fundações**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1991.

ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado / José Milton de Araújo**. - Rio Grande: Dunas, 2010. v.1, 3.ed.

_____. **Curso de concreto armado / José Milton de Araújo**. - Rio Grande: Dunas, 2010. v.2, 3.ed.

_____. **Curso de concreto armado / José Milton de Araújo**. - Rio Grande: Dunas, 2010. v.3, 3.ed.

_____. **Curso de concreto armado / José Milton de Araújo**. - Rio Grande: Dunas, 2010. v.4, 3.ed.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro. 2003.

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

_____. **NBR 9575: Impermeabilização - Seleção e projeto**. Rio de Janeiro. 2003

_____. **NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais**. Rio de Janeiro. 2013

_____. **NBR 15696: Formas e escoramentos para estruturas de concreto: Projeto dimensionamento e procedimentos executivos**. Rio de Janeiro. 2009

AOKI, Jorge; Medeiros Giovana. **Retração – Redução de Efeito e Compensação**. Ponta Grossa. 2010. Disponível em <<http://www.cimentoitambe.com.br/retracao-reducao-de-efeito-e-compensacao/>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

CORSINI, Rodnei. Trinca ou fissura?. **Téchne**, São Paulo, ed. 160, p. 56-60, julho 2010.

DONIAK, Íria L. O. **Manual de montagem de Pré-moldados ABCIC/NETPre**. São Paulo, 2007.

FARIAS, Renato. Entrevista - Torres pré-moldadas. **Téchne**, São Paulo, ed. 125, p. 24-28, ago. 2007.

FRANÇA, Alessandra A. V.; MARCONDES, Carlos Gustavo N.; ROCHA, Francielle C. da. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Téchne**, São Paulo, ed. 174, p. 72-77, set 2011.

GRAZIANO, Francisco Paulo. **Projeto e execução de estruturas de concreto armado / Francisco Paula Graziano**. São Paulo: O Nome da Rosa Editora, 2005.

GUSMAO, Alexandre Duarte. **Patologias e reforço das fundações**. Cuiabá, 2013.

HELENE, Paulo RL; GERSCHENSTEIN, M.; DE OLIVEIRA, P. S. F.; DE GUIMARÃES, F. A. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. Pini, 1992.

IGLESIA, Tiago B. **Sistemas Construtivos em Pré-moldado**. 2006. 65 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Universidade Anhembí Marumbi, São Paulo, 2006.

MACHADO, Ari de Paula. **Reforço de Estruturas de Concreto Armado com Fibras de Carbono**. São Paulo: Editora Pini, 2002.

MACHADO, Ari de Paula. Reforço de estruturas de concreto com fibras de carbono. **Téchne**, São Paulo, ed. 125, p. 76-81, ago. 2007.

MANUAL MUNTE. **Manual Técnico Munte**. Rio de Janeiro, 2013

MEDEIROS, Heloisa. Doenças Concretas. **Téchne**, São Paulo, ed. 160, p. 62-68, jul. 2010.

MELHADO, Silvio B.; BARROS, Mercia Maria S. Bottura de. **Recomendações para a produção de Estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo: Campus da Escola Politécnica, 2006

NAKAMURA, Juliana. Curativos Estruturais. **Téchne**, São Paulo, ed. 146, p. 50-55, nov. 2009.

PIANCASTELLI, Elvio Mosci. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. Belo Horizonte: UFMG - Ed. Depto. Estruturas, 1997.

PINHEIRO, Libânio M.; MUZARDO, Cassiane D.; SANTOS, Sandro P.; CATOIA, T.; CATOIA, B. **Estruturas de Concreto – Capítulo 1**. São Paulo: Campus USP, 2010.

RELVAS, Fernando José. **Reforço de Vigas de Concreto Armado, à flexão, com Fibra de Carbono**. Abece Exata, 2003.

SANTOS, Daniel Miranda; STUCCHI, Fernando R. Dimensionamento de consolos de concreto com o auxílio de modelos de bielas e tirantes - Parte I: fundamentos. **Téchne**, São Paulo, ed. 192, p. 50-56, mar 2013.

SILVA, Francisco Cerqueira da. **Uma revisão sobre as manifestações patológicas mais frequentes em fundações de concreto e edificações**. 2008. 90f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Universidade Estadual Feira de Santana, Bahia, 2008.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Editora Pini, 1998.

VAN ACKER, Arnold. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**. Bélgica, 2012.

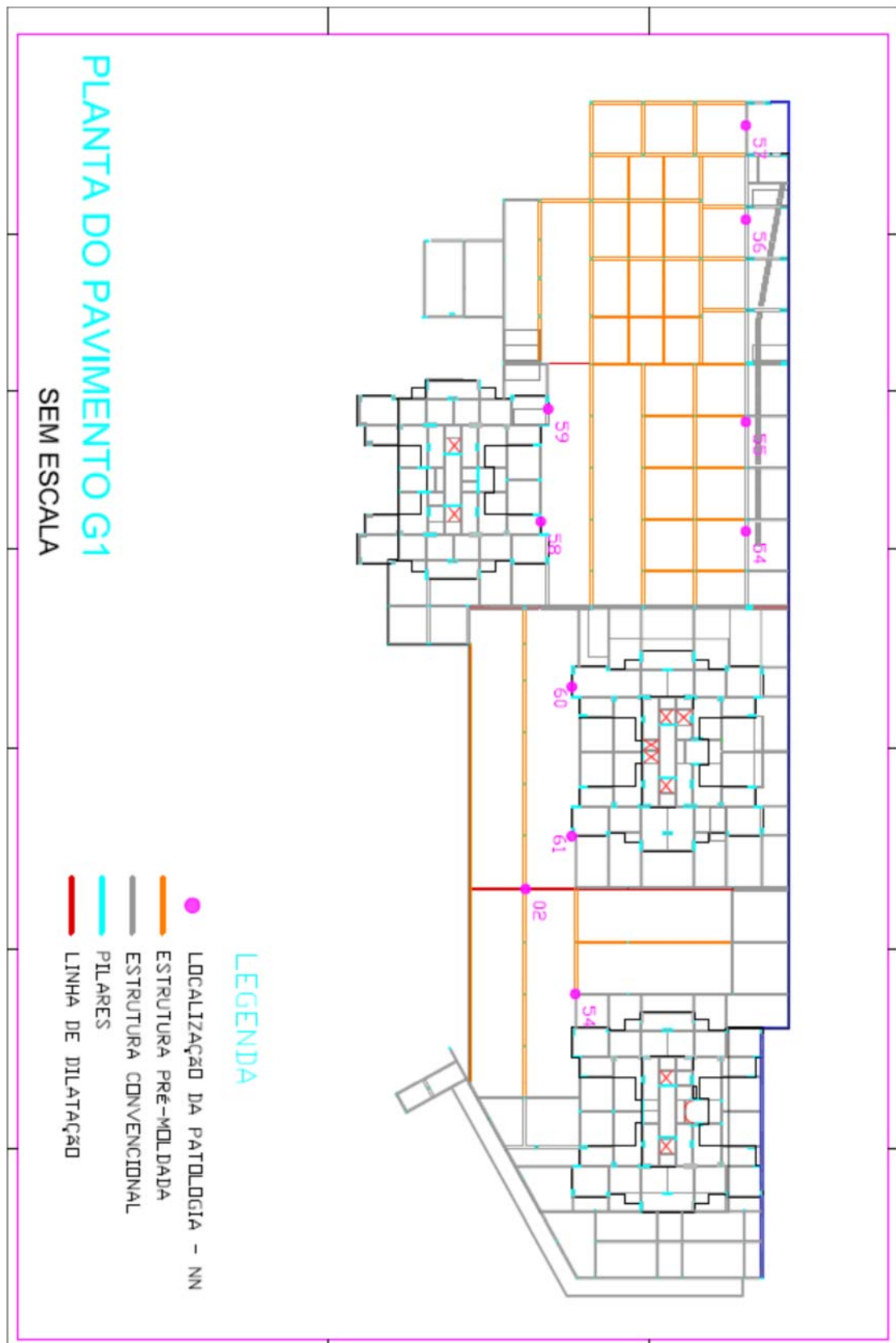
ANEXO A – Tabela de Coleta de Dados

Nº AMOSTRA	TIPO PATOLOGIA ENCONTRADA	TIPO DE DANO	PROVÁVEL AGENTE CAUSADOR	LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA	OBSERVAÇÕES
1	RACHADURA	ESTRUTURAL	PROJETO; EXECUÇÃO	VIGA	
2	TRINCA	ESTÉTICO	PROJETO	PISO	
3	TRINCA	ESTÉTICO	PROJETO	PISO	
4	FISSURA	FUNCIONAIS	PROJETO	VIGA	
5	FISSURA	FUNCIONAIS	PROJETO	VIGA	
6	FISSURA	FUNCIONAIS	PROJETO	VIGA	
7	FISSURA	FUNCIONAIS	PROJETO	VIGA	
8	TRINCA	FUNCIONAIS	PROJETO	LAJE	FALTA DE JUNTA DE DIILATAÇÃO
9	TRINCA	ESTÉTICO	PROJETO	PISO	
10	TRINCA	ESTÉTICO	PROJETO	PISO	
11	TRINCA	ESTÉTICO	EXECUÇÃO	VIGA	
12	RACHADURA	ESTÉTICO	EXECUÇÃO	VIGA	
13	FISSURA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA	ISOLAMENTO DA LAJE PREMOLDADA DO CONSOLE DA VIGA (NEOPRENE)
14	FISSURA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA	ISOLAMENTO DA LAJE PREMOLDADA DO CONSOLE DA VIGA (NEOPRENE)
15	FISSURA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA	ISOLAMENTO DA LAJE PREMOLDADA DO CONSOLE DA VIGA (NEOPRENE)
16	FISSURA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA	ISOLAMENTO DA LAJE PREMOLDADA DO CONSOLE DA VIGA (NEOPRENE)
17	FISSURA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA	ISOLAMENTO DA LAJE PREMOLDADA DO CONSOLE DA VIGA (NEOPRENE)
18	FISSURA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA	ISOLAMENTO DA LAJE PREMOLDADA DO CONSOLE DA VIGA (NEOPRENE)
19	TRINCA	FUNCIONAIS	PROJETO	LAJE	

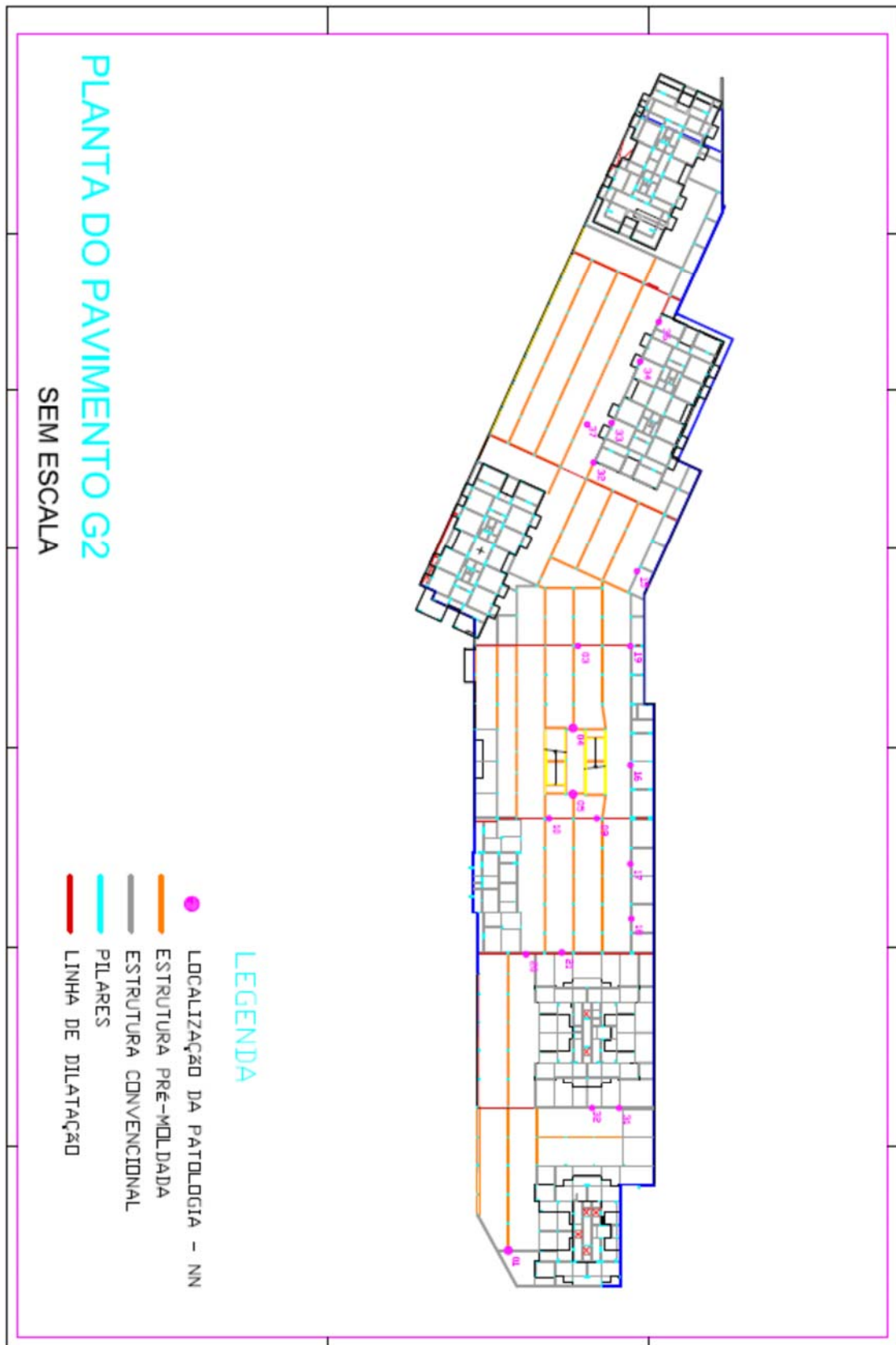
Nº AMOSTRA	TIPO PATOLOGIA ENCONTRADA	TIPO DE DANO	PROVÁVEL AGENTE CAUSADOR	LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA	OBSERVAÇÕES
20	TRINCA	FUNCIONAIS	PROJETO; EXECUÇÃO	VIGA; PISO	
21	TRINCA	FUNCIONAIS	PROJETO; EXECUÇÃO	VIGA; PISO	
22	TRINCA	FUNCIONAIS	PROJETO	LAJE	FALTA DE JUNTA DE DIILATAÇÃO
23	TRINCA	FUNCIONAIS	PROJETO	LAJE	
24	TRINCA	FUNCIONAIS	PROJETO	LAJE; VIGA	
25	TRINCA	FUNCIONAIS	PROJETO; EXECUÇÃO	LAJE; VIGA	ENCONTRO DE VIGA IN LOCO COM LAJE PRE-MOLDADA
26	TRINCA	FUNCIONAIS	PROJETO; EXECUÇÃO	LAJE; VIGA	ENCONTRO DE VIGA IN LOCO COM LAJE PRE-MOLDADA
27	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA; LAJE	CONSOLE APRESENTAND O FISSURAÇÃO
28	TRINCA	ESTÉTICO	NÃO IDENTIFICADO	LAJE	TRINCA EMENDA DE ELEMENTOS DE LAJE
29	TRINCA	ESTÉTICO	NÃO IDENTIFICADO	LAJE	TRINCA EMENDA DE ELEMENTOS DE LAJE
30	FISSURA	FUNCIONAIS	NÃO IDENTIFICADO	VIGA	
31	TRINCA	ESTÉTICO	PROJETO	PISO	FALTA DE JUNTA DE DIILATAÇÃO
32	RACHADURA	FUNCIONAIS	PROJETO	LAJE	FALTA DE JUNTA DE DIILATAÇÃO
33	BICHEIRA	FUNCIONAIS; ESTÉTICO	EXECUÇÃO	VIGA	
34	FISSURA	ESTÉTICO	NÃO IDENTIFICADO	VIGA	
35	RACHADURA	ESTÉTICO	EXECUÇÃO	VIGA	
36	RACHADURA	ESTÉTICO	EXECUÇÃO	VIGA	
37	TRINCA	ESTÉTICO	FABRICAÇÃO OU MONTAGEM	LAJE	
38	RACHADURA	ESTÉTICO	EXECUÇÃO	VIGA	
39	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA; LAJE	FALTA DE NEOPRENE
40	TRINCA	FUNCIONAIS	PROJETO	LAJE	FALTA DE JUNTA DE DIILATAÇÃO
41	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	CORTINA	NÃO HÁ NENHUMA DILATAÇÃO DA CORTINA JUNTO AO ELEMENTO PREMOLDADO

Nº AMOSTRA	TIPO PATOLOGIA ENCONTRADA	TIPO DE DANO	PROVÁVEL AGENTE CAUSADOR	LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA	OBSERVAÇÕES
42	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	CORTINA	NÃO HÁ NENHUMA DILATAÇÃO DA CORTINA JUNTO AO ELEMENTO PREMOLDADO
43	FISSURA	ESTÉTICO	EXECUÇÃO	CONSOLE	
44	FISSURA	ESTÉTICO	EXECUÇÃO	PISO	CORTES NO PISO EM ESPESSURA INADEQUADA
45	FISSURA	ESTÉTICO	EXECUÇÃO	PISO	CORTES NO PISO EM ESPESSURA INADEQUADA
46	FISSURA	ESTÉTICO	EXECUÇÃO	PISO	CORTES NO PISO EM ESPESSURA INADEQUADA
47	FISSURA	ESTÉTICO	EXECUÇÃO	PISO	CORTES NO PISO EM ESPESSURA INADEQUADA
48	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	CONSOLE	CONSOLE PRÉMOLDADO NO PILAR IN LOCO, EXECUÇÃO DA EMENDA MAL FEITA
49	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA; LAJE	FALTA DE NEOPRENE
50	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA; LAJE	FALTA DE NEOPRENE
51	RACHADURA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA	
52	FALHA CONCRETAGEM	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA	EXPOSIÇÃO DE ARMADURA
53	FISSURA	ESTÉTICO	EXECUÇÃO	PISO	CORTES NO PISO EM ESPESSURA INADEQUADA
54	FALHA CONCRETAGEM	FUNCIONAIS; ESTÉTICO	EXECUÇÃO	VIGA; PILAR	ELEMENTO IMPRÓPRIO DA ESTRUTURA, COMPROMETENDO-A
55	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA; LAJE	FALTA DE NEOPRENE
56	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA; LAJE	FALTA DE NEOPRENE
57	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA; LAJE	FALTA DE NEOPRENE
58	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA; LAJE	FALTA DE NEOPRENE
59	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA; LAJE	FALTA DE NEOPRENE
60	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA; LAJE	FALTA DE NEOPRENE
61	TRINCA	FUNCIONAIS	EXECUÇÃO	VIGA; LAJE	FALTA DE NEOPRENE

ANEXO B – Projeto do 1º subsolo



ANEXO C – Projeto do 2º subsolo



ANEXO D – Projeto do 3º subsolo

