



**UNISUL**

**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**RODRIGO BELING DE CARVALHO**

**PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS EM CONCRETO:  
ESTUDO DE CASO NAS CIDADES DE PALHOÇA-SC E SÃO JOSÉ-SC**

Palhoça

2019

**RODRIGO BELING DE CARVALHO**

**PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS EM CONCRETO:  
ESTUDO DE CASO NAS CIDADES DE PALHOÇA-SC E SÃO JOSÉ-SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Ricardo Mafra, Esp.

Palhoça

2019

Aos meus pais Paulo Cesar e Tânia Maria, por estarem ao meu lado. À toda minha família que me apoiou sempre. Aos meus amigos pelo apoio e incentivo.

À minha esposa por me acompanhar em todos os momentos, inclusive nos mais difíceis.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus por me proporcionar a possibilidade de estudar em uma grande universidade, por escolher o curso de engenharia civil, área onde sempre me identifiquei desde o meu início no mercado de trabalho. Agradeço por me dar forças e me motivar, mesmo quando a situação não era favorável.

Também agradeço a toda minha família e à minha esposa, por me auxiliarem de várias formas durante esta caminhada, principalmente nos momentos mais difíceis. Sem eles, com certeza não estaria aqui.

Ao professor Ricardo Mafra pela confiança, pela orientação neste trabalho e por estar sempre me incentivando na busca de conhecimento.

Aos meus amigos e colegas que já passaram por esta fase, ou ainda não passaram, mas que de alguma forma contribuíram me incentivando para a elaboração do meu TCC.

“A pré-fabricação das estruturas de concreto é um processo industrializado com grande potencial para o futuro” (ACKER, 2002).

## RESUMO

A aplicação de sistemas pré-moldados na construção civil é cada vez maior devido a sua rapidez de execução, versatilidade geométrica das estruturas e um maior controle dos materiais aplicados. No entanto, estes novos sistemas não conseguem fugir dos problemas patológicos decorrentes das movimentações naturais do solo, falta de manutenção da estrutura e erros de projetos e de execução. As fissuras causadas em decorrência da excessiva flexão da peça, a exposição das armaduras e a não obediência as normas da ABNT: NBR-6118:2014 e NBR-9062:2017 são alguns dos problemas patológicos encontrados neste tipo de estrutura.

A coleta de dados se deu a partir de visitas técnicas em algumas obras construídas com o sistema construtivo pré-moldado, nas cidades de Palhoça-SC e São José-SC. Durante as visitas, pôde ser observado o mal uso de algumas edificações, bem como a falta de manutenção delas, ocasionando a deterioração da estrutura e diminuindo assim sua vida útil. A região da grande Florianópolis se encontra na categoria III de classe de agressividade, sendo propícia à muitos problema patológicos nas estruturas. Os principais problemas encontrados nas obras visitadas foram: fissuras, concreto segregado, infiltrações, manchas, bolor ou mofo, eflorescência, trincas, corrosão de armadura.

Em vista disso, este estudo tem como objetivo identificar, e recomendar alguns procedimentos que visam minimizar ou até mesmo evitar o agravamento das patologias existentes e o surgimento de novas patologias nas obras visitadas nas cidades de Palhoça-SC e São José-SC, aumentando assim, o nível de qualidade das edificações futuras.

Portanto, sugere-se que para os métodos e técnicas utilizados para a construção de edifícios em concreto pré-moldado, sejam tomados os cuidados necessários, de modo a evitar que os problemas citados ocorram novamente e, assim, aumentando o nível de qualidade das edificações futuras.

Palavras-chave: Concreto pré-moldado; Patologias; Concreto pré-fabricado, Manifestações patológicas.

## **ABSTRACT**

The application of precast systems in civil construction is increasing due to its speed of execution, geometric versatility of the structures and a greater control of the materials applied. However, these new systems do not escape the pathological problems caused by the natural movements of the soil, lack of maintenance of the structure and errors of projects and execution. The cracks caused by excessive bending of the piece, the exposure of the reinforcement and the non-compliance with ABNT: NBR-6118: 2014 and NBR-9062: 2017 standards are some of the pathological problems found in this type of structure.

The data collection was based on technical visits in some works built with the pre-cast construction system, in the region of the great Florianópolis. During the visits, it could be observed the misuse of some buildings, as well as the lack of maintenance of them, causing the deterioration of the structure and reducing its useful life. The region of the great Florianópolis is in category III of class of aggressiveness, being propitious to many pathological problems in the structures. The main problems encountered in the works visited were: Fissures, segregated concrete, infiltrations, stains, mold or mildew, efflorescence, cracks, corrosion of reinforcement.

Therefore, this study aims to identify and recommend some procedures that aim to minimize or even avoid the aggravation of the existing pathologies and the appearance of new pathologies in the works visited in the region of greater Florianópolis, thus increasing the quality level of the buildings.

Therefore, it is suggested that for the methods and techniques used for the construction of buildings in precast concrete, the necessary precautions are taken, in order to avoid that the mentioned problems occur again and, thus, increasing the quality level of the buildings future.

**Keywords:** Precast concrete; Pathologies; Prefabricated concrete, Pathological manifestations.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Seções mais usuais para estacas pré-moldadas.....	20
Figura 2 - Exemplo de estaca quadrada.....	20
Figura 3 - Exemplo de estaca quadrada vazada.....	20
Figura 4 - Exemplo de estaca hexagonal vazada.....	21
Figura 5 - Exemplo de estaca circular vazada.....	21
Figura 6 - Exemplo de pilar com consoles e recorte para fixação de placas de fechamento ...	23
Figura 7 - Exemplo de detalhe de pilar com consoles e ranhuras na base .....	23
Figura 8 - Pilar com passagem para água pluvial.....	24
Figura 9 - Seções mais usuais para vigas pré-moldadas.....	25
Figura 10 - Exemplo de viga retangular .....	25
Figura 11 - Exemplo de Viga T para cobertura.....	26
Figura 12 - Exemplo de viga I.....	26
Figura 13 - Exemplo de viga U (viga calha) .....	27
Figura 14 - Tipos de seções para lajes pré-moldadas .....	28
Figura 15 - Laje treliçada (com vigotas pré-moldadas).....	28
Figura 16 - Exemplo de laje tipo TT para piso.....	29
Figura 17 - Montagem de laje alveolar.....	30
Figura 18 - Montagem painel maciço de fechamento .....	31
Figura 19 - Placas de fechamento em painel alveolar recém montadas .....	32
Figura 20 - Placas de fechamento em painel alveolar .....	32
Figura 21 - Exemplo de escada reta.....	33
Figura 22 - Exemplos de escadas pré-moldadas tipo monobloco .....	34
Figura 23 - Pilar com insertos metálicos .....	38
Figura 24 - Adensamento de peça pré-moldada .....	39
Figura 25 - Modelo de vida útil/processo (Grau máximo aceitável de corrosão) .....	54
Figura 26 - Tipos de corrosão e fatores que as provocam.....	54
Figura 27 - Mapa de Santa Catarina com destaque na cidade de São José-SC.....	60
Figura 28 - Mapa de Santa Catarina com destaque na cidade de Palhoça-SC .....	61
Figura 29 - Montagem da estrutura pré-moldada .....	62
Figura 30 - Montagem da estrutura pré-moldada .....	62
Figura 31 - Montagem da estrutura pré-moldada .....	63
Figura 32 - Montagem da estrutura pré-moldada .....	63

Figura 33 - Imagem de obra pré-moldada abandonada .....	64
Figura 34 - Imagem de obra pré-moldada abandonada .....	64
Figura 35 - Imagem de galpão pré-moldado .....	65
Figura 36 - Peças estocadas para futura montagem do galpão .....	66
Figura 37 - Peças estocadas com processo de deterioração avançado .....	66
Figura 38 - Imagem de galpão pré-moldado com estrutura mista.....	67
Figura 39 - Imagem de galpão pré-moldado com estrutura mista.....	67
Figura 40 - Dispositivo metálico corroído (fixação dos painéis nos pilares) .....	68
Figura 41 - Dispositivo metálico corroído (fixação dos painéis nos pilares) .....	69
Figura 42 - Pilar com alça de içamento cortada .....	70
Figura 43 - Detalhe de projeto de nicho com alça para içamento .....	71
Figura 44 - Folga excessiva entre os painéis de fechamento.....	72
Figura 45 - Imagem ampliada da folga entre painéis .....	72
Figura 46 - Junta entre painéis de fechamento .....	73
Figura 47 - Placa de fechamento com armadura exposta .....	75
Figura 48 - Pilar com armadura exposta e em processo de corrosão .....	75
Figura 49 - Peça com pouco tempo de fabricação, porém exposta ao tempo.....	76
Figura 50 - Galpão abandonado e com sua estrutura totalmente manchada .....	78
Figura 51 - Galpão abandonado e com sua estrutura totalmente manchada .....	79
Figura 52 - Peças de cobertura totalmente manchadas.....	79
Figura 53 - Peças pré-moldadas manchadas.....	80
Figura 54 - Base do pilar pré-moldado com manchas .....	80
Figura 55 - Configurações genéricas de fissuras em função do tipo de solicitação predominante .....	82
Figura 56 - Pilar pré-moldado com fissuras .....	83
Figura 57 - Pilar pré-moldado com fissuras .....	84
Figura 58 - Painel de fechamento com fissuras .....	85
Figura 59 - Pilar pré-moldado com fissuras em torno do furo .....	85
Figura 60 - Painel de fechamento com fissura .....	86
Figura 61 - Painel de fechamento com porosidade no concreto.....	88

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vantagens do sistema de concreto pré-moldado.....	18
Quadro 2 - Tabela de desvantagens do sistema de concreto pré-moldado.....	19
Quadro 3 - Tolerâncias de fabricação de estacas pré-moldadas.....	22
Quadro 4 - Dimensões comuns para painéis pré-moldados .....	30
Quadro 5 - Origens de fissuras em estruturas.....	48
Quadro 6 - Classes de agressividade ambiental (CAA) .....	56
Quadro 7 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto .....	57
Quadro 8 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento para $\Delta c$ = 10 mm.....	58
Quadro 9 - Recomendação de largura mínima de juntas.....	74

## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 - Fluxograma mostrando as etapas a serem completadas durante o período da pesquisa .....	16
---	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Patologias nas etapas de processo de construção .....	46
Tabela 2 - Incidência de Manifestações Patológicas .....	46
Tabela 3 - Métodos complementares de proteção das armaduras .....	77

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	TEMA .....	13
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	13
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA .....	13
1.4	JUSTIFICATIVA .....	14
1.5	OBJETIVOS .....	14
<b>1.5.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>14</b>
<b>1.5.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>14</b>
1.6	METODOLOGIA .....	15
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1	GENERALIDADES SOBRE O CONCRETO PRÉ-MOLDADO.....	17
<b>2.1.1</b>	<b>Definição de pré-moldado e pré-fabricado .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Vantagens e desvantagens do uso de pré-moldados em concreto .....</b>	<b>18</b>
2.2	ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS .....	19
<b>2.2.1</b>	<b>Fundações.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Pilares .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Vigas .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Lajes.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.5</b>	<b>Painéis de fechamento .....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.6</b>	<b>Escadas .....</b>	<b>32</b>
2.3	MATERIAIS DO CONCRETO .....	34
<b>2.3.1</b>	<b>Constituintes .....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Propriedades .....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Dosagem .....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Controle tecnológico.....</b>	<b>35</b>
2.3.4.1	Verificação da trabalhabilidade .....	35
2.3.4.2	Verificação da resistência mecânica.....	36
2.4	PRODUÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS .....	36
<b>2.4.1</b>	<b>Documentos técnicos .....</b>	<b>36</b>
2.4.1.1	Desenhos.....	36
<b>2.4.2</b>	<b>Armadura.....</b>	<b>37</b>
2.4.2.1	Disposições.....	37

2.4.2.2	Cobrimento .....	37
<b>2.4.3</b>	<b>Insertos .....</b>	<b>38</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Concreto .....</b>	<b>38</b>
2.4.4.1	Preparo.....	38
2.4.4.2	Concretagem.....	39
2.4.4.3	Adensamento .....	39
2.4.4.4	Juntas de concretagem .....	40
<b>2.4.5</b>	<b>Formas.....</b>	<b>40</b>
2.4.5.1	Fôrmas para elementos protendidos .....	41
2.4.5.2	Ancoragem .....	41
2.4.5.3	Desmoldagem .....	41
2.4.5.4	Limpeza .....	42
2.4.5.5	Fôrmas internas .....	42
<b>2.4.6</b>	<b>Cura e prazos de desmoldagem.....</b>	<b>42</b>
2.4.6.1	Cura normal .....	42
2.4.6.2	Cura acelerada .....	43
2.5	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PRÉ-MOLDADOS .....	44
<b>2.5.1</b>	<b>Fissuras.....</b>	<b>47</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Concreto segregado .....</b>	<b>49</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Infiltrações .....</b>	<b>50</b>
<b>2.5.4</b>	<b>Mofa ou Bolor .....</b>	<b>50</b>
<b>2.5.5</b>	<b>Eflorescência .....</b>	<b>51</b>
<b>2.5.6</b>	<b>Trincas.....</b>	<b>52</b>
<b>2.5.7</b>	<b>Corrosão da armadura .....</b>	<b>52</b>
2.6	FATORES QUE INFLUENCIAM NA DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS .....	55
<b>2.6.1</b>	<b>Agressividade ambiental.....</b>	<b>55</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Qualidade do concreto .....</b>	<b>56</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Cobrimento nominal .....</b>	<b>57</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>59</b>
3.1	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO .....	59
3.2	DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	60
3.3	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	68
<b>3.3.1</b>	<b>Descrição das manifestações patológicas encontradas.....</b>	<b>68</b>

3.3.1.1	Corrosão de dispositivos metálicos .....	68
3.3.1.2	Folga excessiva entre ligações de elementos pré-moldados.....	71
3.3.1.3	Corrosão de armadura exposta em peças pré-moldadas.....	74
3.3.1.4	Manchas, mofo ou bolor em peças pré-moldadas .....	78
3.3.1.5	Fissuras e trincas em elementos pré-moldados .....	81
3.3.1.6	Elemento pré-moldado com porosidade no concreto .....	87
3.4	CONSIDERAÇÕES .....	89
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>90</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>91</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As alterações que ocorreram na década de noventa, principalmente na área de tecnologia, ocasionaram grandes impactos e impulsionaram o desenvolvimento de vários setores da economia, inclusive o da construção civil. (OLIVEIRA, 2002).

A utilização de elementos pré-fabricados até o início da década de noventa, deve-se ao arrojo dos empresários, que interessados no avanço da industrialização, buscavam redução de custos e maior velocidade na execução dos seus empreendimentos. (ABCI, 1980).

Até então, a construção civil se dividia em dois sistemas de produção, o ciclo fechado (toda a produção é feita por um único fornecedor) e o ciclo aberto (diferentes etapas da obra são fabricadas por diferentes fornecedores), porém com o crescimento do pré-moldado e as revoluções tecnológicas da época, entendeu-se a necessidade da criação de um novo sistema de produção, onde une-se as características destes outros dois, chama-se, sistema flexibilizado. A produção no sistema flexibilizado pode-se ir além da fábrica, trazendo a possibilidade de produção de componentes dentro do canteiro de obras com um alto grau de controle e organização.

A partir da década de noventa, as tecnologias de pré-fabricados vem evoluindo em velocidades cada vez maiores, o que faz do pré-fabricado uma opção mais econômica, segura, sustentável e rápida.

Atualmente, as indústrias de pré-moldados fabricam peças desde a fundação, como blocos, sapatas, estacas, até a cobertura, como pórticos, terças e telhas. Também são fabricados pilares, vigas, lajes, escadas, painéis de fechamento e ventilação, entre outros. Desta maneira, é possível executar uma obra praticamente completa apenas com elementos pré-moldados em concreto, o que pode garantir uma grande redução no tempo de execução da obra. Este que pode ser um dos maiores fatores para o grande avanço e pela evolução constante deste sistema construtivo.

A fabricação das peças pré-moldadas em concreto exige um rigoroso controle da sua qualidade, dos materiais e dos seus processos, além de mão de obra qualificada.

Para Acker (2002, p. 11), as vantagens do concreto pré-moldado se baseiam em:

“Para que todas as vantagens do concreto pré-moldado sejam potencializadas, a estrutura deve ser concebida de acordo com uma filosofia específica do projeto: grandes vãos, um conceito apropriado para estabilidade, detalhes simples, etc. Os projetistas devem, desde o início do projeto, considerar as possibilidades, as restrições e as vantagens do concreto pré-moldado, seu detalhamento, produção,

transporte, montagem e os estados limites em serviço antes de finalizar um projeto de uma estrutura pré-moldada.”

O pouco conhecimento do sistema, das suas possibilidades e dos seus benefícios por parte dos integrantes da cadeia produtiva da construção civil pode fazer com que as obras executadas nesse sistema apresentem problemas. (Da Cunha, 2016)

Este trabalho tem como objetivo avaliar as patologias superficiais mais recorrentes em peças pré-moldadas nas cidades de Palhoça-SC e São José-SC, recomendando algumas sugestões para reparos das mesmas, visando evitar o agravamento e o surgimento de novas. Com o grande avanço do sistema pré-moldado e a melhoria constante nos materiais aplicados, os fatores patológicos tendem a danificar cada vez menos as estruturas, aumentando a qualidade e a durabilidade das construções.

## 1.1 TEMA

Avaliação de patologias encontradas em estruturas pré-moldadas em concreto. Deste modo, o trabalho visa, através de imagens e avaliação in loco, identificar e apontar sugestões para a recuperação das patologias nos municípios de São José-SC e Palhoça-SC.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Tendo em vista a natureza da pesquisa, o presente estudo será limitado na identificação visual das patologias como, fissuras, concreto segregado, infiltração, manchas decorrentes da carbonatação, fungos e eflorescências, encontradas em estruturas pré-moldadas de pilar, viga, laje, painéis de fechamento e escadas, localizadas nos municípios de São José-SC e Palhoça-SC, propondo soluções para a recuperação destas patologias.

## 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O sistema construtivo de estruturas pré-moldadas em concreto, apesar de ter muitas vantagens, também possui várias desvantagens, uma delas seria o surgimento de patologias. Este trabalho busca propor sugestões de recuperação para esses fatores patológicos.

Quais as patologias com maior incidência na região da grande Florianópolis? É possível reduzir o número de patologias encontradas em peças pré-moldadas em concreto?

Quais medidas devemos tomar para prevenção das patologias? Quais são os processos para recuperação das peças com patologias?

## 1.4 JUSTIFICATIVA

A grande expansão das construções em estruturas pré-moldadas na região da grande Florianópolis, traz consigo um expressivo aumento das fábricas deste tipo de estrutura, colocando em xeque a qualidade dos materiais aplicados e o controle das patologias. Por isso faz necessário um monitoramento constante destas estruturas afim de garantir sua estabilidade e por consequência sua vida útil.

A evolução dos sistemas construtivos das edificações e das atividades da engenharia civil nas próximas décadas será influenciada pelo desenvolvimento do processo de informação, pela comunicação global, pela industrialização e pela automação. Fazendo com que a construção civil seja forçada a buscar novas tecnologias com o intuito de assegurar mercado. (ACKER, 2002).

O tema de estudo é considerado de suma importância no mapeamento, monitoramento e na qualidade das estruturas existentes nas cidades de Palhoça-SC e São José-SC.

Uma vez que não há legislação que obrigue as empresas a efetuarem o monitoramento de suas estruturas periodicamente. E, proporcionará ao pesquisador, conhecimentos específicos sobre o assunto estudado.

## 1.5 OBJETIVOS

### 1.5.1 Objetivo Geral

Registrar através de imagens e avaliar *in loco*, eventuais patologias encontradas nas estruturas pré-moldadas visitadas nos municípios de São José-SC e Palhoça-SC. Mapeando-as para futuras intervenções.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

- Analisar as estruturas pré-moldadas visitadas;
- Identificar as patologias encontradas nas estruturas;

- Propor sugestões de reparos para cada patologia encontrada;
- Estudar maneiras de prevenir o aparecimento das patologias.

## 1.6 METODOLOGIA

Para a realização do presente trabalho, utilizou-se, inicialmente, o levantamento de dados através da pesquisa bibliográfica, que buscou descrever e sistematizar o conhecimento existente. A pesquisa bibliográfica teve como objetivo contextualizar os termos e conceitos utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

“Pode se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema.” (GIL, 2002, p. 17)

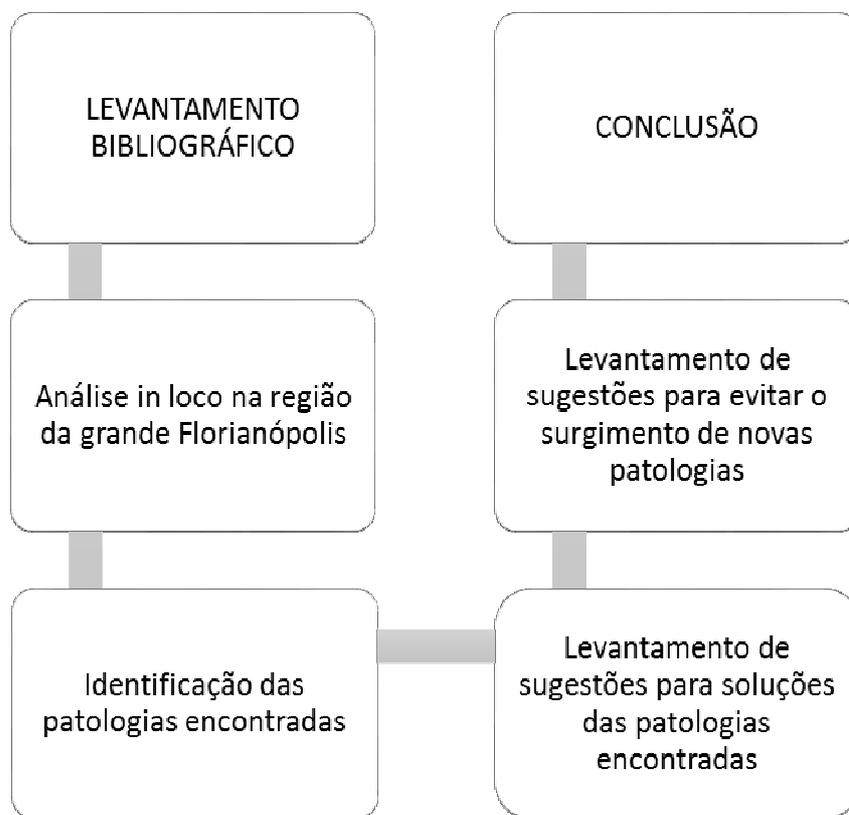
Ainda segundo Gil (2002), os propósitos do estudo de caso não são os de proporcionar o conhecimento preciso das características de uma população, mas sim o de proporcionar uma visão global do problema ou de identificar possíveis fatores que influenciam ou são por ele influenciados.

Nas ciências, durante muito tempo, o estudo de caso foi encarado como procedimento pouco rigoroso, que serviria apenas para estudos de natureza exploratória. Hoje, porém, é encarado como o delineamento mais adequado para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, onde os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos. (Yin, 2001).

Como estratégia de pesquisa, utiliza-se o estudo de caso em muitas situações, para contribuir para o conhecimento que temos dos fenômenos individuais, organizacionais, sociais, políticos e de grupo, além de outros fenômenos relacionados. (Yin, 2001).

Desta maneira o presente trabalho configura-se através de pesquisa qualitativa, e se dará da seguinte maneira, conforme mostrado no diagrama 1:

Diagrama 1 - Fluxograma mostrando as etapas a serem completadas durante o período da pesquisa



Fonte: Do autor (2019)

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 GENERALIDADES SOBRE O CONCRETO PRÉ-MOLDADO

#### 2.1.1 Definição de pré-moldado e pré-fabricado

A NBR 9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado (2017, p.3; p.36) esclarece a diferença entre elementos pré-moldados de elementos pré-fabricados, conforme descrito abaixo:

- Elemento pré-moldado – “Elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura, [] devem ser executados conforme prescrições das ABNT NBR 14931 e ABNT NBR 12655 e ao controle de qualidade estabelecido nesta Seção, para o qual se dispensa a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias”;
- Elemento pré-fabricado – “Elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes da empresa destinada para este fim [...]”.

O pré-moldado é utilizado para definir qualquer elemento que seja fabricado fora da sua posição estrutural, porém, é executado geralmente no canteiro de obras, sem o controle rigoroso que é conseguido dentro de uma fábrica especializada.

Para Brumatti (2008), este tipo de sistema é propenso a ter menor capacidade de produção e, conseqüentemente, baixa produtividade. Porém, não há necessidade de transporte para longas distâncias, facilitando o deslocamento da peça até sua posição na edificação. Além de tudo, esse tipo de elemento não está sujeito à impostos referentes a produtos industrializados e a circulação de mercadorias.

Já o pré-fabricado, é executado em um local com estrutura específica para o controle de qualidade, laboratório e inspeção das etapas de processo produtivo. Isso permite maior qualidade na produção das peças.

Para a sua produção, além de máquinas e equipamentos industriais, deve ser usada mão de obra treinada e especializada. Além disso, é necessário um rigoroso controle no recebimento de materiais, através de inspeções e ensaios laboratoriais. A NBR 9062 (2017) ainda fornece as especificações necessárias e os requisitos mínimos para as etapas de fabricação, estocagem, transporte e montagem.

### 2.1.2 Vantagens e desvantagens do uso de pré-moldados em concreto

Segundo Acker (2002), se comparado aos métodos de construção tradicionais e outros materiais de construção, os sistemas pré-fabricados, como método construtivo, e o concreto, como material, possui muitas vantagens características vantajosas, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Vantagens do sistema de concreto pré-moldado

VANTAGENS DO SISTEMA DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO	
Vantagem	Descrição
Produtos feitos na fábrica	Todo o trabalho de canteiro é transferido para fábricas permanentes e modernas.
Economia de materiais	A pré-fabricação possui maior potencial econômico, desempenho estrutural e durabilidade do que as construções convencionais moldadas no local, por causa do uso potencializado e otimizado dos materiais aplicados. Isso é obtido através da utilização de equipamentos modernos e com procedimentos de fabricação cuidadosamente elaborados
Rapidez na execução	O tempo de execução da obra, com o sistema pré-fabricado, pode levar menos da metade do tempo que as construções convencionais moldadas no local.
Qualidade	A garantia da qualidade durante a fabricação se baseia em quatro pontos: mão-de-obra; instalações e equipamentos na fábrica; matéria-prima e processos operacionais; controle de qualidade na execução. O sistema de controle de produção da fábrica consiste de procedimentos, instruções, inspeções regulares, testes e utilização dos resultados dos equipamentos de controle, matéria-prima, outros insumos, processos de produção e produtos.
Melhor eficiência estrutural	Vãos grandes e redução da altura efetiva podem ser obtidos usando concreto protendido para elementos de vigas e de lajes. Para construções industriais e comerciais, os vãos do piso podem chegar a 40 m ou mais. Isso oferece não apenas flexibilidade na construção, como também maior vida útil da edificação, pois há maior adaptabilidade para novos usos. Dessa maneira, a construção retém seu valor comercial por mais tempo.
Resistência ao fogo	Normalmente, as estruturas em concreto armado e protendido apresentam resistência ao fogo de 60 a 120 minutos ou mais. Uma maior resistência ao fogo é conseguida aumentando o cobrimento da armadura.
Menos danos ao meio ambiente	Menor agressividade ao meio ambiente - No contexto de uma relação mais amigável ao meio ambiente, a indústria do concreto pré-moldado apresenta-se como uma alternativa viável: com uso reduzido de materiais, redução do consumo de energia, diminuição do desperdício com demolição.

Fonte: Acker (2002) adaptado

Mesmo com muitas vantagens, Acker (2002) aponta algumas desvantagens deste tipo de sistema, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Tabela de desvantagens do sistema de concreto pré-moldado

DESVANTAGENS DO SISTEMA DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO	
Desvantagem	Descrição
Custo mais alto	Por ser executada toda em uma fábrica especializada, o custo final da obra acaba se tornando maior.
Mão de obra especializada	A falta de mão de obra especializada é uma grande desvantagem deste sistema.
Transporte de peças	O transporte de peças com grandes comprimentos, exige uma logística e um transporte especial.
Logística	A abordagem logística deve ser considerada durante todo o desenvolvimento de ciclo de produção do empreendimento, ou seja, da concepção do mesmo à fase de execução.

Fonte: Acker (2002) adaptado

## 2.2 ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS

### 2.2.1 Fundações

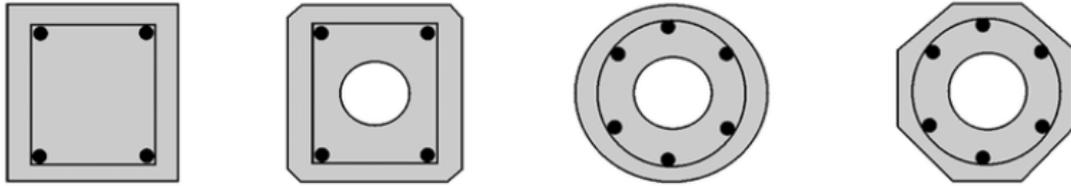
De acordo com EL Debs (2000), as estacas normais podem ser executadas em concreto armado ou concreto protendido. As dimensões podem variar desse 0,15m de lado em estacas de seção quadrada atingindo até diâmetros na ordem 1,60 m em obras marítimas e pontes.

EL Debs (2000, p. 392) ainda afirma que:

“As estacas de concreto pré-moldado se constituem em uma importante alternativa construtiva para fundações profundas e para estruturas de arrimo. A execução das estacas pode ser no canteiro, normalmente em concreto armado, ou nas fábricas, em concreto armado ou protendido.”

Segundo Alves (2004), as seções transversais mais empregadas nas estacas normais estão mostradas na Figura 1.

Figura 1 - Seções mais usuais para estacas pré-moldadas



Fonte: Alves (2004)

As Figuras 2, 3, 4, e 5 mostram diferentes tipos de estacas pré-moldadas, prontas para serem utilizadas.

Figura 2 - Exemplo de estaca quadrada



Fonte: Do autor (2019)

Figura 3 - Exemplo de estaca quadrada vazada



Fonte: Do autor (2019)

Figura 4 - Exemplo de estaca hexagonal vazada



Fonte: Do autor (2016)

Figura 5 - Exemplo de estaca circular vazada



Fonte: Do autor (2017)

Como a utilização das estacas pré-moldadas de concreto cresceu muito nos últimos anos criaram uma Norma própria para elas, a NBR 16258 que entrou em vigor no dia 17 de Fevereiro de 2014. Onde estabelece os requisitos de projeto, fabricação, estocagem e

manuseio de estacas pré-moldadas de concreto armado ou protendido, destinadas à utilização como elementos de fundação profunda.

Para situações não cobertas por esta Norma, deve-se seguir os procedimentos estabelecidos nas Normas NBR 9062:2017 e NBR 6118:2014.

Segundo EL Debs (2000), “a execução das estacas pode ser no canteiro, normalmente em concreto armado, ou nas fábricas, em concreto armado ou protendido. Na execução em fábricas, o concreto pode ser adensado por vibração ou centrifugação.”

EL Debs (2000) também afirma, que de acordo com o PCI, as estacas pré-moldadas de concreto protendido possuem tolerâncias de execução, conforme mostrado no Quadro 3.

Quadro 3 - Tolerâncias de fabricação de estacas pré-moldadas

Elemento	Seção ou Dimensão	Tolerância
Estacas	Comprimento	$\pm L/300$
	Seção transversal (ou diâmetro)	$\pm 5\%$
	Espessura da parede para seções vazadas	(+) 13/ -6 mm
	Linearidade	$\pm L/1000$

Fonte: NBR 9062 (2017)

### 2.2.2 Pilares

Tratando-se de estruturas pré-moldadas, os pilares são as peças com a maior complexibilidade em sua execução, exigindo um grande cuidado e atenção, tanto na etapa de definição de projeto quanto na fábrica. A grande variabilidade de peças que podem ser ligadas a eles em diferentes níveis e dimensões, faz com que em uma simples obra, haja um grande número de pilares diferentes, fazendo destes, as peças menos padronizadas. (MELO, 2007).

Ainda segundo Melo (2007, p. 197):

“Como o pilar é a peça com mais diferenças de geometria, com consoles criando formatos muito recortados, o processo de fabricação acaba sendo quase artesanal. Mesmo com a introdução de fôrmas metálicas acopladas a segmentos onde são introduzidas fôrmas e madeira para realizar as saliências dos consoles, o número hora/homem necessário na execução dos pilares é maior que nas demais peças.”

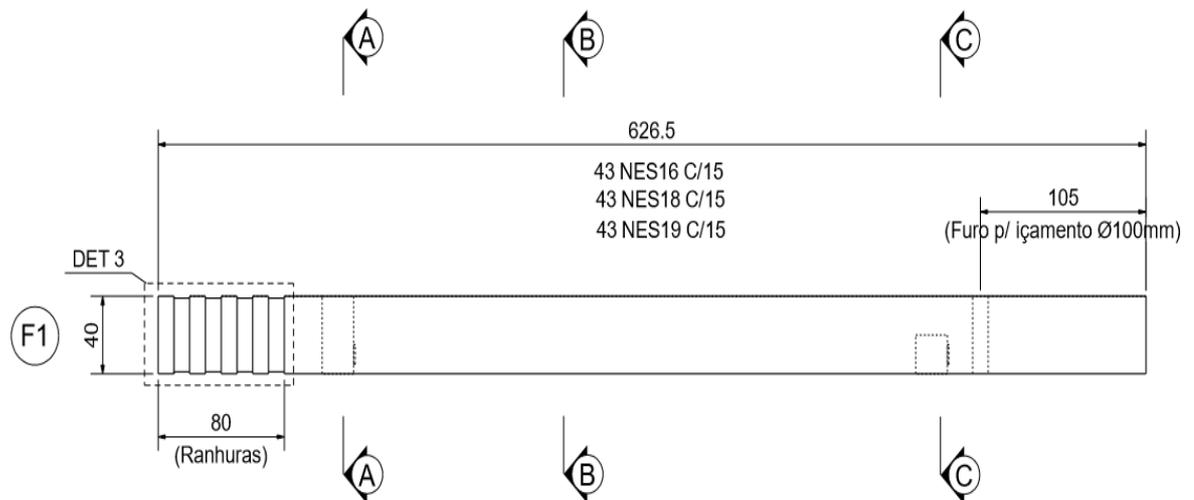
As Figuras 6 e 7 mostram exemplos de peculiaridades dos pilares encontrados em diferentes obras.

Figura 6 - Exemplo de pilar com consoles e recorte para fixação de placas de fechamento



Fonte: Do autor (2019)

Figura 7 - Exemplo de detalhe de pilar com consoles e ranhuras na base

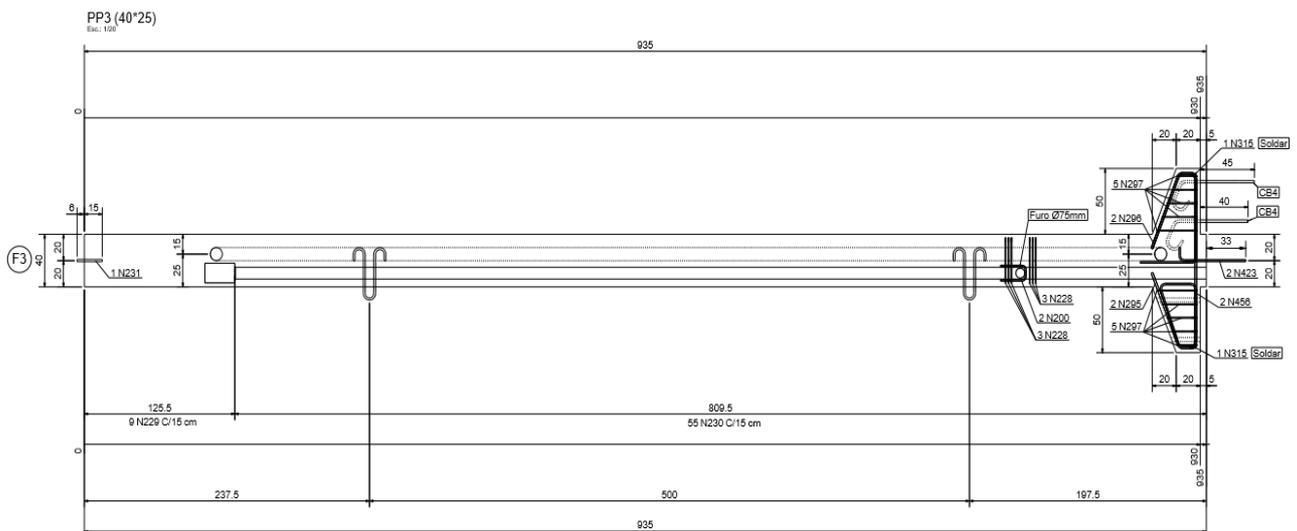


Fonte: Do autor (2019)

A desejável integração com o sistema de águas pluviais torna os pilares um ponto crítico na interface de apoio das vigas calhas, região onde ocorre a maioria das patologias encontradas numa obra de pré-fabricados. (EL DEBS, 2000).

Para os pilares com passagem para água pluvial, a NBR 9062 (2017) afirma que para o seu dimensionamento, é necessário levar em consideração a redução da área de concreto e deve-se respeitar uma espessura mínima de 12,5 cm de parede em caso de passagem de água pluvial e 7,5 cm para os demais usos. Na região do furo lateral para saída de água, deve ser previsto reforço da armadura (se necessário). O furo não pode de maneira nenhuma ser utilizado com conduto forçado, e não deve haver acúmulo de água dentro do pilar. A Figura 8 mostra um exemplo de pilar com passagem para água pluvial.

Figura 8 - Pilar com passagem para água pluvial



Fonte: Do Autor (2019)

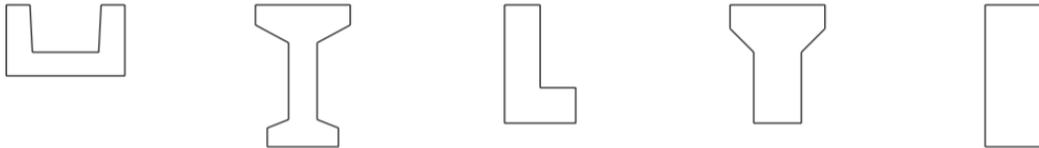
### 2.2.3 Vigas

Segundo (MELO, 2007), as vigas pré-moldadas em concreto conseguem vencer cada vez vãos maiores, principalmente com o uso da protensão. Podemos considerá-las de dois tipos, armadas e protendidas.

As seções mais comuns empregadas em vigas de concreto pré-moldado são: retangular; seção I; seção T e T invertido, sendo que as abas servirão de apoio para lajes e seção L, utilizada no perímetro da edificação e sua aba também servirá como apoio para laje. Em coberturas pode-se utilizar vigas em formato U ou J que terão a função de calha para

águas pluviais. Essas vigas, podem ser empregadas em conjunto com pilares de seção vazada, formando um sistema de coleta de água da chuva (ABDI, 2015). A Figura 9 mostra alguns exemplos de seções de vigas pré-moldadas.

Figura 9 - Seções mais usuais para vigas pré-moldadas



Fonte: Do autor (2019)

As Figuras 10, 11, 12 e 13, mostram alguns tipos de vigas pré-moldada de diferentes seções transversais.

Figura 10 - Exemplo de viga retangular



Fonte: Do autor (2018)

Figura 11 - Exemplo de Viga T para cobertura



Fonte: Do autor (2015)

Figura 12 - Exemplo de viga I



Fonte: Do autor (2018)

Figura 13 - Exemplo de viga U (viga calha)



Fonte: Do autor (2018)

As vigas de seção retangular podem vencer vãos na ordem de 15 metros e as peças de seção I até 35 metros, quando se utiliza protensão (ABDI, 2015). Em vista disso, uso de elementos pré-moldados torna-se uma boa opção quando se necessita grandes vãos livres.

#### 2.2.4 Lajes

“Os sistemas de pisos em concreto pré-moldado oferecem muitas vantagens como a ausência de escoramentos, a rapidez na construção, as faces inferiores bem acabadas, o alto desempenho mecânico, os grandes vãos, durabilidade, etc.” (ACKER, 2002, p. 71)

As lajes pré-moldadas de concreto são vantajosas principalmente por dispensar escoramentos e apresentar rapidez na montagem. Além disso, as lajes apresentam um alto desempenho mecânico, conseguindo vencer grandes vãos livres, e possuem acabamento final satisfatório, não havendo necessidade de se utilizar material adicional na face inferior do elemento. Ademais, elementos com nervuras inferiores oferecem a possibilidade de passagem de instalações elétricas e hidrossanitárias. (ABDI, 2015).

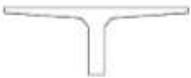
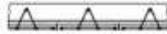
Os sistemas pré-moldados para pisos são, também, muito utilizados em estruturas mistas, em combinação com estruturas metálicas e estruturas de concreto moldado in loco. A decisão sobre o tipo de laje a ser utilizada no empreendimento deve ser tomada levando-se em conta: requisitos de desempenho, tipo de construção, transporte e estocagem e montagem das peças, disponibilidade no mercado, custo, equipamentos e capacitação da mão-de-obra. (ABDI, 2015).

Acker (2002) afirma que existe uma grande variedade de sistemas pré-moldados para pisos, como:

- Pisos com lajes alveolares em concreto protendido ou concreto armado;
- Pisos com painéis nervurados protendidos;
- Pisos formados por lajes maciças;
- Sistemas compostos por meio de placas (painéis) pré-moldadas;
- Sistemas compostos por lajes com vigotas.

A Figura 14 mostra diferentes tipos de lajes pré-moldadas.

Figura 14 - Tipos de seções para lajes pré-moldadas

 lajes alveolares não protendidas	 elementos de seção T	 elementos de pré-laje
 lajes alveolares protendidas	 elementos de seção U	 lajes/painéis $\pi$ ou TT invertidos
 Lajes/painéis TT ou $\pi$	 elementos de seção U invertido	 laje com nervuras pré-moldadas

Fonte: Adaptado de El Debs (2000)

De acordo com ABDI (2015), destacam-se cinco tipos principais de lajes pré-fabricadas: alveolares protendidas, com nervuras protendidas (seções T ou duplo T), placas maciças de concreto, mista e treliçada (com vigotas pré-moldadas).

Figura 15 - Laje treliçada (com vigotas pré-moldadas)



Fonte: Do autor (2019)

Acker (2002) afirma que sistemas de lajes com nervuras protendidas são apropriados para construções industriais, armazéns e centros de distribuição, por vencer grandes vãos e suportar altas cargas. Lajes alveolares protendidas são adequadas para edificações residenciais e escritórios, pois vencem grandes vãos e suportam cargas moderadas. Placas pré-moldadas maciças são utilizadas para vãos menores com cargas moderadas, como por exemplo em residências, apartamentos e hotéis. Finalmente, lajes com vigotas pré-moldadas são utilizadas, principalmente, em residências, por suportar cargas e vãos menores, se comparadas aos outros tipos citados.

A Figura 16 exibe o piso de uma estrutura pré-moldada todo em laje TT.

Figura 16 - Exemplo de laje tipo TT para piso



Fonte: Do autor (2015)

Para Melo (2007, p 245), “o sistema de laje de piso com lajes alveolares é o que obteve maior sucesso no mercado da construção civil. De fácil instalação, pode atingir grande vãos, facilitando o *layout* e otimizando a estrutura.”

Já na figura 17, pode-se observar o processo de montagem de outro sistema de lajes para piso, o de painéis alveolares.

Figura 17 - Montagem de laje alveolar



Fonte: Do autor (2019)

### 2.2.5 Painéis de fechamento

Acker (2002) afirma que a espessura dos painéis varia de acordo com os requisitos de desempenho, de estabilidade estrutural, isolamento acústico e resistência ao fogo. Já o comprimento dos painéis, pode variar de acordo com o projeto e os equipamentos utilizados em fábrica. O Quadro 4 mostra as dimensões mais comuns para painéis pré-moldados.

Quadro 4 - Dimensões comuns para painéis pré-moldados

Aplicação	Espessura (mm)	Comprimento máximo (m)	Altura (m)
Painéis estruturais: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ com lajes armadas em duas direções</li> <li>▪ com lajes armadas em uma direção</li> </ul>	180 – 240 150 – 200	6.00 – 14.00	3.00 – 4.50
Painéis não-estruturais:	80 – 150 (180)	6.00 – 14.00	3.00 – 3.30
Poços de elevador e de escada:	180 – 200	6.00 – 14.00	3.00 – 4.00

Fonte: Acker (2002)

A utilização de painéis pré-moldados viabiliza uma obra rápida e industrializada, além de apresentar uma superfície lisa e acabada, pronta para receber a pintura, e ter boas propriedades acústicas, térmicas e de resistência ao fogo (ACKER, 2002). Contudo, vale ressaltar que quando se utiliza painéis pré-fabricados, é necessário definir a modulação das peças nos ambientes, fazendo com que o comprimento dos elementos seja compatível com o tamanho da edificação, não havendo desperdícios.

Figura 18 - Montagem painel maciço de fechamento



Fonte: Do autor (2015)

Para Melo (2007), o fechamento em painéis alveolares pode ser muito interessante em edificações que conseguem explorar todas as suas vantagens, principalmente em edifícios industriais, comerciais e de armazenamento.

Geralmente utilizado em galpões de indústrias, o painel alveolar confere segurança a edificação ao mesmo tempo em que oferece um bom isolamento termoacústico, por apresentar células de ar em seu interior. Pensando nesse ponto de vista, ele se torna até mais eficiente do que a alvenaria de bloco de concreto. (MELO, 2007).

Abaixo, as Figuras 19 e 20 mostram painéis alveolares de fechamento montados e estocados, respectivamente.

Figura 19 - Placas de fechamento em painel alveolar recém montadas



Fonte: Do autor (2019)

Figura 20 - Placas de fechamento em painel alveolar



Fonte: Do autor (2018)

### 2.2.6 Escadas

Melo (2007) afirma que as escadas normalmente são pontos de acesso com um alto fluxo de pessoas e que as mesmas ficam visualmente expostas, logo, recai sobre elas um grande apelo arquitetônico. Escadas de laje maciça apresentam um menor número de

saliências e, conseqüentemente, se torna uma solução mais adequada para atender às exigências arquitetônicas.

“As dimensões máximas da escada estão limitadas pelos formatos existentes na fábrica. As formas são metálicas, portanto, as medidas das escadas são bastante rígidas.” (MELO, 2007, p. 351)

Segundo (ACKER, 2002), escadas pré-moldadas de concreto possuem um custo razoável e qualidade de acabamento, podendo variar de superfícies lisas regulares até concreto polido. No caso de escadas moldadas in loco, além de sempre se precisar de um material para acabamento, o gasto da mão-de-obra para produzi-las é muito alto e, muitas vezes, o custo total é subestimado.

Ainda segundo (ACKER, 2002), as escadas pré-moldadas são divididas em duas categorias diferentes. A primeira é formada por escadas retas, que são compostas de lances individuais, podendo haver patamares entre elas, como pode ser observado na Figura 21.

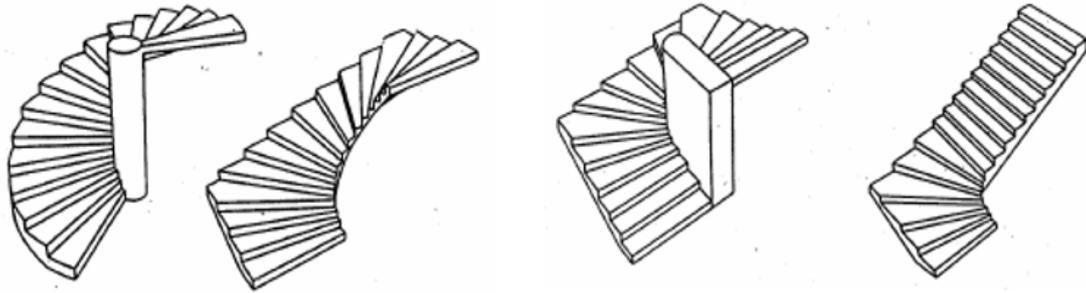
Figura 21 - Exemplo de escada reta



Fonte: Do autor (2016)

Já a segunda categoria é composta por escadas tipo “monobloco”, onde podemos ter curvas e mudanças de direção, mantendo a escada em apenas uma única peça, conforme pode ser visto nos exemplos da Figura 22.

Figura 22 - Exemplos de escadas pré-moldadas tipo monobloco



Fonte: Acker (2002)

## 2.3 MATERIAIS DO CONCRETO

### 2.3.1 Constituintes

Conforme a NBR 9062 (2017), aditivos são utilizados no concreto com vários objetivos, segue alguns deles:

- Acelerar ou retardar a pega e o desenvolvimento da resistência nas idades iniciais;
- Reduzir o calor de hidratação;
- Melhorar a trabalhabilidade;
- Reduzir a relação água-cimento;
- Aumentar a compacidade,
- Reduzir a permeabilidade ou incrementar a resistência aos agentes agressivos e às variações climáticas,

Ainda segundo a NBR 9062 (2017), em elementos pré-moldados protendidos, os aditivos utilizados no concreto em contato com as armaduras de protensão, não podem conter ingredientes que possam provocar corrosão do aço, sendo proibido todo tipo de aditivo que contenha cloreto de cálcio ou qualquer outro halogenetos.

### 2.3.2 Propriedades

Conforme a Norma NBR 9062 (2017), com relação à durabilidade, à trabalhabilidade, ao diagrama tensão-deformação, ao módulo de deformação transversal, ao

módulo de elasticidade, ao coeficiente de dilatação térmica, ao coeficiente de Poisson, à retração e à fluência, aplica-se o que diz a norma ABNT NBR 6118.

### **2.3.3 Dosagem**

Segundo explica a ABNT NBR 12655, para a dosagem experimental do concreto autoadensável devem ser realizados os ensaios indicados na ABNT NBR 15823-1:2010, Tabelas 1 e 2, referentes às propriedades do concreto, considerando a sua aplicação. Na definição do traço, este deve ser caracterizado através da trabalhabilidade e da habilidade passante, quando o concreto for autoadensável, da resistência e do módulo de elasticidade, considerando sempre as resistências nas idades correlacionadas às situações transitórias e à resistência do projeto. Não é admitida dosagem não experimental.

### **2.3.4 Controle tecnológico**

De acordo com a NBR 9062, para a verificação da dosagem utilizada e das características dos constituintes, aplica-se o disposto nas normas ABNT NBR 6118, ABNT NBR 14931, ABNT NBR 12655 e ABNT NBR 15823-1.

#### **2.3.4.1 Verificação da trabalhabilidade**

De acordo com a NBR 9062 (2017), a verificação da trabalhabilidade do concreto deve ser feita por meio de ensaios de consistência. Estes ensaios, além de verificar se a consistência corresponde à prevista, também permitem uma constatação da homogeneidade da massa de concreto e um controle indireto da quantidade de água. No caso do concreto autoadensável, também deve ser verificada a habilidade passante.

A NBR 9062 (2017, p. 65) afirma que:

“A determinação da consistência pode ser feita pelo ensaio de abatimento ou por outros processos de comprovada eficiência, recomendados por laboratório nacional especializado. Para o caso da adoção de concreto autoadensável, devem ser realizados os ensaios de espalhamento em anel J, em conformidade com o estabelecido na ABNT NBR 15825-1.”

#### 2.3.4.2 Verificação da resistência mecânica

Nas estruturas de pré-fabricadas também se tem o interesse nas resistências iniciais, porém, as peças devem possuir uma desforma rápida, e por isso, há a necessidade da peça apresentar uma resistência elevada nas primeiras idades. (EL DEBS, 2000).

Para a NBR 9062 (2017), deve no mínimo ser considerado o controle das resistências de desforma ou liberação da protensão e da resistência de projeto. Para liberação da protensão e desforma, a verificação de resistência mecânica deve ser feita, bem como para a verificação da resistência de projeto.

Ainda segundo a NBR 9062 (2017), deve ser considerada a resistência característica do concreto em geral aos 28 dias, ou alguma outra data especificada no projeto. Caso tenha sido determinado a relação entre as resistências nessa idade e na idade prevista, é permitida uma avaliação preliminar da resistência com uma idade menor.

### 2.4 PRODUÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS

#### 2.4.1 Documentos técnicos

##### 2.4.1.1 Desenhos

De acordo com a NBR 9062, quando necessário, desenhos complementares de detalhes adicionais devem ser feitos, com o intuito de facilitar a execução, ou de componentes ou de dispositivos padronizados, desde que adequadamente aprovados pelo projetista.

“Os desenhos de execução, com formatos devidamente normalizados, devem apresentar, de forma clara e precisa, as dimensões e a posição dos elementos pré-moldados, assim como das armaduras, insertos, furos, saliências e aberturas projetadas. Os desenhos devem ser elaborados com vistas não somente à produção e montagem da estrutura, como também à facilidade do controle de execução durante o processo de produção e do elemento acabado, e devem conter referências, quando for o caso, a outros desenhos relacionados. No caso de subsequente alteração de um desenho, todos os outros desenhos devem ser devidamente corrigidos, mantendo-se registro das modificações.” (NBR 9062, 2017, p. 26)

## 2.4.2 Armadura

### 2.4.2.1 Disposições

De acordo com a NBR 6118 (2014), as armaduras longitudinais devem ser dispostas de forma a garantir a resistência adequada do elemento estrutural. Para seções poligonais, deve ser colocado pelo menos uma barra em cada vértice, já para as seções circulares, deve ser distribuído ao longo do perímetro no mínimo seis barras.

Ainda para a NBR 6118 (2014), o espaçamento mínimo livre entre faces das barras longitudinais, medido no plano da seção transversal, fora da região das emendas, deve ser igual ou superior ao maior dos seguintes valores:

- 20mm;
- Diâmetro da barra, do feixe ou da luva;
- 1,2vez a dimensão máxima característica do agregado graúdo.

Conforme afirma a NBR 9062 (2017), o espaçamento medido entre as faces adjacentes dos fios ou cordoalhas devem ser no mínimo igual a:

- $2\varnothing$ ;
- 1,2 vez a dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- 2,0 cm.

### 2.4.2.2 Cobrimento

“O cobrimento tem a finalidade de proteger a armadura e de garantir transferência adequada de tensões de armadura para o concreto.” (EL DEBS, 2007, p. 86)

A NBR 9062 (2017) não permite cobrimentos nominais para as peças pré-moldadas em concreto, menores que:

- 15 mm, para lajes em concreto armado
- 20 mm, para demais peças em concreto armado (vigas/pilares);
- 25 mm, para peças em concreto protendido;
- 15 mm, para peças delgadas protendidas (telhas/nervuras/terças);
- 20 mm, para lajes alveolares protendidas

### 2.4.3 Insertos

Durante a colocação dos insertos, a NBR 9062 (2017) afirma que os mesmos devem ser cuidadosamente posicionados para que não prejudiquem as armaduras. A parte que não recebe a proteção do cobrimento do concreto, deve ter resistência e durabilidade igual ou superior às armaduras protegidas pelo cobrimento, devendo obedecer às Normas aplicáveis ao material constituinte.

“Os insertos devem ser ancorados no concreto, de modo a garantir que possam resistir, com a segurança prevista, aos esforços para os quais foram calculados.” (NBR 9062, 2017, p. 71)

A Figura 23 mostra um exemplo de pilar com insertos metálicos, pontos para receber uma estrutura metálica de cobertura.

Figura 23 - Pilar com insertos metálicos



Fonte: Do autor (2018)

### 2.4.4 Concreto

#### 2.4.4.1 Preparo

Aplica-se o disposto na ABNT NBR 12655 com relação à resistência do concreto, à medida dos materiais, à dosagem e mistura do concreto e ao seu controle e recebimento.

Não é permitido amassamento manual do concreto. Caso a execução do concreto seja em central, aplica-se o disposto na ABNT NBR 7212.

#### 2.4.4.2 Concretagem

Segundo a NBR 9062 (2017), aplica-se o disposto nas ABNT NBR 14931 e ABNT NBR 12655 com relação ao transporte e ao lançamento do concreto.

#### 2.4.4.3 Adensamento

Segundo El Debs (2007, p.41), “o adensamento é uma atividade importante na execução do concreto pré-moldado, pois ele tem forte implicação na qualidade do concreto e na produtividade do processo.”

Conforme explicado na NBR 9062 (2017), o adensamento deve ser feito com muito cuidado, durante ou imediatamente após o lançamento do concreto, para que preencha todos os cantos da forma. Seu processo é feito por vibração, centrifugação, ou prensagem, permitindo, em alguns casos, utilizar mais de um dos métodos. Algumas precauções devem ser tomadas para que não haja vazios ou segregação dos materiais. Para o uso de vibradores, deve ser tomado muito cuidado para evitar o contato os as armaduras, eliminando o risco de deslocamento da mesma dentro da fôrma.

A Figura 24 mostra um operário durante a execução do adensamento do concreto dentro de uma forma metálica.

Figura 24 - Adensamento de peça pré-moldada



Fonte: Revista USP (2015)

#### 2.4.4.4 Juntas de concretagem

De acordo com a NBR 9062 (2017), caso aconteça interrupção durante a concretagem, o concreto cuja a consistência não permita mais o seu adensamento, deve ser removido da fôrma e substituído por concreto fresco, garantindo a aderência na ligação entre os concreto remanescente com o concreto novo a ser lançado.

#### 2.4.5 Formas

“As fôrmas são de fundamental importância na execução dos pré-moldados, pois são elas que determinam a qualidade do produto e a produtividade do processo.” (EL DEBS, 2000, p. 37)

Ainda para El Debs (2000), as qualidades desejáveis para as fôrmas são:

- Estabilidade volumétrica, para que as dimensões dos elementos obedçam às tolerâncias especificadas;
- Possibilidade de ser reutilizadas diversas vezes sem gastos excessivos de manutenção;
- Serem de fácil manejo e que facilitem tanto a colocação e fixação da armadura em seu interior quanto dos elementos especiais, se for o caso;
- Apresentar pouca aderência com o concreto e fácil limpeza;
- Facilidade de desmoldagem, sem apresentar pontos de presa;
- Estanqueidade, para que não ocorra fuga de nata de cimento, com prejuízo na resistência e no aspecto do produto;
- Versatilidade, de forma a possibilitar seu uso em várias seções transversais;
- Transportabilidade, no caso de execução com forma móvel.

Segundo a NBR 9062 (2017), as fôrmas devem adaptar-se às formas e dimensões das peças pré-moldadas projetadas, respeitando as tolerâncias estabelecidas. Elas podem ser constituídas de diferentes materiais, como aço, alumínio, concreto ou madeira, revestidas ou não de chapas metálicas, fibras, plástico ou outros materiais.

#### 2.4.5.1 Fôrmas para elementos protendidos

Segundo a NBR 9062 (2017), para a produção de elementos pré-moldados de concreto protendido, as fôrmas devem atender alguns requisitos:

- Em caso de pré-tração, pelo fato de a armadura protendida ficar ancorada na própria forma, a mesma deve ser dimensionada e executada de forma a resistir os esforços da protensão.
- A fôrma deve ser limpa e isenta de deformações que possam impedir ou dificultar o deslocamento relativo do elemento pré-moldado em relação à fôrma, quando da operação de alívio da fixação das ancoragens ou do seccionamento dos fios ou cabos.
- Os dispositivos embebidos ou em contato com o concreto e fixados às formas, como: insertos metálicos, tirantes, placas separadoras, placas de extremidades, e outros, devem ser colocados de maneira a garantir seu fácil desligamento das fôrmas antes do alívio das fixações das ancoragens ou do seccionamento dos fios ou cabos.

#### 2.4.5.2 Ancoragem

“As fôrmas devem ser adequadamente ancoradas às bases, para resistir aos esforços resultantes durante o lançamento e adensamento do concreto, assim como da operação de extração dos elementos pré-moldados.” (NBR 9062, 2017, p. 72)

#### 2.4.5.3 Desmoldagem

Conforme a NBR 9062 (2017, p. 72), “o projeto e a execução das fôrmas devem atender a todas as condições para fácil desmoldagem, sem danificar os elementos concretados, como previsão de ângulos de saída, livre remoção das laterais e cantos chanfrados ou arredondados.”

Ainda segundo a NBR 9062 (2017), os produtos antiaderentes utilizados nas fôrmas, para facilitar a desmoldagem, não podem de maneira nenhuma tocar nas armaduras, por isso é indicado que seja feito antes da colocação delas dentro da fôrma. Caso ocorra o contato destes produtos com as armaduras, elas devem ser substituídas ou adequadamente

limpas com solventes. Também deve-se evitar que os produtos empregados não exerçam qualquer ação prejudicial sobre o concreto, nem mesmo possam prejudicar alguma ligação feita *in situ*.

Segundo EL Debs (2007), a desmoldagem pode ser feita de três diferentes formas:

- Direta – Onde os elementos são retirados por levantamento, com retirada ou não de partes laterais da fôrma.
- Por separação de elementos – Corresponde às fôrmas tipo bateria utilizadas na execução de painéis.
- Por tombamento da fôrma – Direcionado também para a fabricação de painéis, corresponde à moldagem do elemento na posição horizontal, que logo após é colocado na posição vertical para a desmoldagem com o auxílio de mesa de tombamento.

#### 2.4.5.4 Limpeza

Conforme descrito na (NBR 9062, 2017, p. 72), “as fôrmas devem ser cuidadosamente limpas antes de cada utilização e isentas de pintura ou outras substâncias protetoras que possam aderir à superfície dos elementos de concreto.”

#### 2.4.5.5 Fôrmas internas

Segundo a NBR 9062 (2017), as fôrmas utilizadas para a formação de vazios no interior de elementos de concreto pré-moldado devem ser colocadas de forma a evitar seu deslocamento durante a concretagem. Para o seu dimensionamento, deve-se levar em consideração tanto a pressão do concreto como a ação eventual de vibrações.

### 2.4.6 Cura e prazos de desmoldagem

#### 2.4.6.1 Cura normal

Segundo a NBR 9062 (2017), enquanto não atingir o endurecimento satisfatório, o concreto deve ser protegido contra agentes prejudiciais como mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, agentes químicos, bem como choque e

vibrações de intensidade tal que possam produzir fissuração na massa de concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura.

Ainda de acordo com a NBR 9062 (2017, p. 73), “a proteção contra a secagem prematura deve ser feita mantendo-se umedecida a superfície ou protegendo-a com uma película impermeável, que não contenha parafina ou assemelhados, pelo tempo necessário à hidratação adequada, levando em conta a natureza do cimento.”

#### 2.4.6.2 Cura acelerada

Segundo a NBR 9062 (2017), o endurecimento do concreto pode ser antecipado por meio de tratamento térmico adequado e devidamente controlado, não se dispensando as medidas de proteção contra a secagem de que trata a cura normal.

No tratamento térmico isento de vapor em contato com os elementos de concreto, a superfície de concreto deve ser, durante este tratamento, igualmente protegida contra a secagem, mantendo-se umedecida a superfície, ou protegendo-a com uma camada impermeável resistente à temperatura imposta pelo tratamento.

Para a NBR 9062 (2017), o tratamento térmico deve ser cuidadosamente controlado, levando-se em conta as seguintes fatores:

- Tempo de espera entre o fim da concretagem e o início da aplicação de calor;
- Velocidade máxima da elevação da temperatura;
- Temperatura máxima
- Tempo de aplicação do calor;
- Esfriamento.

As condições de cada uma destas fases devem ser criteriosamente estabelecidas por ensaios experimentais que devem levar em conta os tipos de aglomerantes, agregados e aditivos utilizados, a relação água/cimento, assim como as resistências mecânicas que devem ser atingidas pelo concreto por ocasião da aplicação da protensão, da desmoldagem, do manuseio e transporte, da montagem e do uso final.

Na cura a vapor sob pressão atmosférica, devem ser tomados cuidados especiais para que os elementos pré-moldados sejam aquecidos uniformemente.

Este tratamento deve ser efetuado em ambiente vedado por material isolante, lonas, lençóis plásticos ou outro material adequado, de maneira a garantir a saturação do valor

a impedir excessiva perda do calor e umidade. A vedação deve impedir também a formação de correntes de ar frio do exterior.

As saídas dos pontos de alimentação de vapor devem ser posicionadas de forma a evitar a descarga direta sobre a superfície de concreto, das formas ou sobre os corpos de prova.

As temperaturas da câmara de vapor e do elemento pré-moldado devem ser convenientemente controladas. Ao se utilizar a cura a vapor deve-se estabelecer a curva de temperatura em função do tempo mais conveniente para o processo de produção. Para a NBR 9062 (2017), devem ser respeitados os seguintes parâmetros:

- Incremento máximo na elevação da temperatura: 20°C/h;
- Temperatura máxima no elemento submetido a tratamento de vapor sob pressão atmosférica: 70°C;
- Decréscimo de temperatura no resfriamento do no máximo 30°C/h.

## 2.5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PRÉ-MOLDADOS

De acordo com Cánovas (1988), patologia é a parte da engenharia que estuda os mecanismos, sintomas, causas e origens dos defeitos nas edificações. Para alguns casos, apenas o contato visual já é o suficiente para identificar e fazer um diagnóstico das patologias. Entretanto, para alguns outros casos o problema é bem mais complexo, se fazendo necessário verificar o projeto estrutural, investigação das cargas a que foi submetida à estrutura; analisar detalhadamente a maneira que a obra foi executada, como esta patologia reage à determinados estímulos. Dessa forma, podemos identificar a causa destes problemas, solucionando para evitar eventual aparecimento futuro de novas manifestações.

O crescimento muito acelerado da construção civil causou a necessidade de inovações, e conseqüentemente, a aceitação de maiores riscos. Mesmo que aceitos estes riscos, ainda que dentro de certos limites, aumenta a necessidade de um conhecimento especial sobre estruturas e os materiais aplicados, através de estudos e análises dos erros acontecidos, que tem resultado em deterioração precoce ou acidentes. (Souza e Ripper, 1998).

Ainda segundo Souza e Ripper (1998), as prováveis causas das patologias que podem ocorrer durante a etapa de estudo da edificação, originadas de um mal estudo preliminar, enquanto que as falhas geradas na realização do projeto final geralmente são as responsáveis pela implantação de problemas patológicos sérios e podem ser por diversos fatores, tais como:

- Projetos inadequados (deficiência no cálculo da estrutura, avaliação da resistência do solo, má definição do modelo analítico, etc.);
- Falta de compatibilidade entre o projeto estrutural e o arquitetônico, bem como os demais projetos civis;
- Especificação inadequada de materiais;
- Detalhamento insuficiente ou errado;
- Detalhes construtivos inexequíveis;
- Falta de padronização das representações (convenções);
- Erros de dimensionamento.
- A sequência lógica do processo de construção civil indica que a etapa de construção deva ser iniciada somente após o término da etapa de concepção, com a conclusão de todos os estudos e projetos que lhe são inerentes.

As principais falhas que podem ocorrer durante a etapa de execução da estrutura são:

- Deficiências de concretagem (transporte, lançamento, juntas de concretagem, adensamento, cura, outros);
- Inadequação de escoramentos e fôrmas;
- Deficiência nas armaduras;
- Má utilização ou utilização incorreta dos materiais de construção (fck inferior ao especificado, aço diferente do especificado, solo com características diferentes, utilização inadequada de aditivos, dosagem inadequada do concreto);
- Inexistência de controle de qualidade.

Estudos mostram que um elevado percentual dos problemas patológicos nas edificações é originado nas fases de projeto e execução. Essas falhas são geralmente mais graves que as relacionadas à qualidade dos materiais e aos métodos construtivos. Isso se explica pela falta de investimento dos proprietários, sejam eles públicos ou privados, em projetos mais elaborados e detalhados, fazendo com que a busca pura e simples de projetos mais “baratos” implique muitas vezes na necessidade de adaptações durante a fase de execução e futuramente em problemas de ordens funcional e estrutural. (Helene, 1997).

A Tabela 1 mostra os percentuais das causas das manifestações patológicas em uma edificação.

Tabela 1 - Patologias nas etapas de processo de construção

<b>Etapa</b>	<b>Percentual</b>
Projeto	40%
Execução	28%
Materiais	18%
Uso	10%
Planejamento	4%

Fonte: Helene (1997)

Para Helene e Pereira (2007), os problemas comuns de maior efeito no concreto, são as eflorescências, as fissuras, as flechas excessivas, a corrosão da armadura, as manchas no concreto aparente, os defeitos de aterro e compactação do solo e problemas devido à segregação do concreto.

Após a análise das patologias, é possível, muitas vezes, identificar a origem e natureza dos problemas, bem como suas consequências. Na Tabela 2, Machado (2002) relaciona as principais manifestações patológicas e seus percentuais de ocorrência.

Tabela 2 - Incidência de Manifestações Patológicas

<b>Manifestações patológicas</b>	<b>Percentual</b>
Deterioração e degradação química da construção	7%
Deformações (Flechas e rotações) excessivas	10%
Segregação dos materiais componentes do concreto	20%
Corrosão das armaduras do concreto armado	20%
Fissuras e trincas ativas ou passivas nas peças de concreto armado	21%
Manchas na superfície do concreto armado	22%

Fonte: Machado (2002)

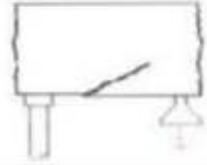
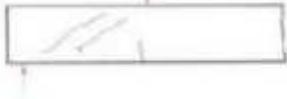
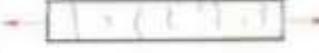
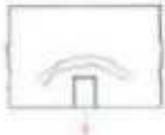
### 2.5.1 Fissuras

Segundo Thomaz (1989), as fissuras são tipos de manifestações patológicas que podem servir de alerta sobre danos mais preocupantes na edificação, vindo a modificar o desempenho das estruturas e, em alguns casos, a trazer constrangimento aos proprietários e usuários.

A NBR 15.575-2 (2013) classifica as fissuras como ativas ou passivas. A ativa possui variações na espessura de acordo com os movimentos higrotérmicos; e a passiva possui abertura constante. A referida Norma ainda definiu que as aberturas serão chamadas de fissuras quando apresentarem espessura inferior a 0,6 mm. Serão denominadas trincas quando apresentarem espessura maior ou igual a 0,6 mm. A Norma ainda define fissura de um componente estrutural como sendo o seccionamento na superfície ou em toda seção transversal do componente, com abertura capilar, provocado por tensões normais ou tangenciais.

No Quadro 5, Ambrósio (2004) traz algumas origens de fissuras em estruturas.

Quadro 5 - Origens de fissuras em estruturas

TIPO DE FISSURA	PEÇAS MAIS SUJEITAS	CONFIGURAÇÃO TÍPICA	EXEMPLO
Recalque Diferencial da fundação	Paredes / Vigas	→ Inclinação, se afastamento da região que menos recalçou; → Abertura variável.	
Cisalhamento	Qualquer elemento	→ Mais inclinadas junto ao apoio, verticalizando-se em direção ao meio do vão; → Abertura variável, desaparecendo ao atingir a região comprimida da peça.	
Flexão	Qualquer elemento;  Lajes, junto aos cantos.	→ Mais concentradas junto às regiões de máximo momento fletor e aumento gradativamente o espaçamento, ao se afastarem dessa região; → Abertura variável, desaparecendo ao atingirem a região comprimida; → Diagonal, formando um triângulo aproximadamente isósceles com os cantos.	
Torção	Peças lineares, com cargas não coincidentes com seu eixo longitudinal.	→ Em forma de hélice ao longo do eixo longitudinal	
Tração	Qualquer elemento tracionado longitudinalmente	→ Perpendiculares à direção da carga de tração, seccionando a seção transversal; → Mais fechadas junto as armaduras.	
Tração	Peças de suporte	→ Perpendiculares à direção da reação de apoio das peças apoiadas indiretamente.	

Fonte: Ambrósio (2004)

### 2.5.2 Concreto segregado

De acordo com Arivabene (2015), o concreto é um produto composto por areia, pedra (brita), cimento e água, que quando preparado e lançado corretamente, transforma-se em uma mistura homogênea, onde todas as pedras estão completamente envoltas pela argamassa (areia cimento e água). Neste caso, se ocorrer um erro de lançamento ou de adensamento, as pedras se separam da argamassa, formando um concreto cheio de vazios e permeável, onde permite com facilidade a infiltração de água.

Piancastelli (1997) afirma que esse processo de separação pode ser provocado, entre outras causas, por:

- Lançamento livre de grande altura;
- Concentração de armadura que impede a passagem da brita;
- Vazamento da pasta pela fôrma;
- Má dosagem do concreto;
- Uso inadequado de vibradores.

Segundo Ambrosio (2004), o concreto segregado pode ser classificado através do estado que se encontra a superfície:

- Superficial: com falhas apenas na argamassa superficial do concreto, sem aparecimento de agregados graúdos;
- Média: com grandes falhas na superfície do concreto, com aparecimento dos agregados graúdos;
- Profunda: com profundas imperfeições na superfície do concreto, com desprendimento do agregado graúdo; ou sem falhas na superfície, com argamassa de cobrimento dando conformação a peça, porem contendo vazios interiores.

Ainda de acordo com Ambrosio (2004), as anomalias do concreto segregado são geralmente constatadas com mais frequência nas seguintes regiões dos elementos estruturais:

- Junto à base (de pilares, paredes e elementos estruturais verticais);
- Junto à face inferior (de vigas, lajes e elementos estruturais horizontais);
- Em junta de concretagem (elementos estruturais em geral);
- Em junta de dilatação (elementos estruturais em geral);

- Em junção de elementos;

### 2.5.3 Infiltrações

Conforme PEREZ (1985), “a umidade nas construções representa um dos problemas mais difíceis de serem resolvidos dentro das ciências da construção civil”. As patologias de umidade quando surgem nas edificações, geralmente provocam um grande desconforto e degradam a construção em uma grande velocidade. Além de que, as soluções para reparos desses tipos de problemas envolvem um custo muito alto.

“A infiltração é a patologia mais comum em edificações, ocasionando uma variedade de problemas que afetam inicialmente a estrutura da obra, além de prejuízos financeiros e principalmente afetando a saúde dos ocupantes” (SCHÖNARDIE, 2009, p.10).

Somente o aparecimento de água não é informação suficiente para a determinação da origem, porque a água flui por gravidade e dependendo em alguns materiais, ela percola. Segundo Deutsch (2011), a água que afeta as superfícies situadas longe da pressão hidrostática do terreno podem ser subdivididas em:

- Pela chuva;
- Pela ação capilar;
- Pela tensão superficial;
- Pela pressão do ar;
- Introduzida pelas forças de vento;
- Resultante de vazamentos nas redes.

### 2.5.4 Mofo ou Bolor

Para Alucci *et al.* (1985), o aparecimento de bolor ou mofo em edificações pode ser considerado como um grande problema de alto custo de resolução e bastante incidência em regiões tropicais.

Bolor ou mofo é entendido como sendo a colonização por diversas populações de fungos filamentosos sobre os vários tipos de substrato, os quais formam manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, marrom e verde.

Shirakawa (1995) lista as principais causas para que o mofo/bolor se manifeste nos elementos:

- umidade de condensação de vapores em ambientes fechados;

- umidade relativa do ar em torno de 80%;
- umidade ascendente por capilaridade;
- umidade de infiltração por fachada ou telhado;
- umidade acidental (vazamento de água).

São essas manifestações patológicas que causam manchas em várias tonalidades: pretas, esverdeadas ou marrons, em tons escuros, que trazem desconforto estético para a edificação, e caso não sejam tratados, podem ocasionar a proliferação de fungos em ambientes externos e internos, desenvolvendo problemas para os usuários que frequentam o ambiente. (SHIRAKAWA, 1995).

Para se evitar que o bolor aconteça nas edificações, já na fase de projeto, medidas devem ser tomadas. Essas medidas visam garantir uma ventilação, iluminação e insolação adequada aos ambientes, assim como idealizar a diminuição de risco de condensação nas superfícies internas dos componentes e também evitar riscos de infiltração de água através de paredes, pisos e/ou tetos. (ALUCCI *et al.* (1985)

A umidade causa o surgimento de microorganismos, na qual existe a proliferação de algas e bolores, dando origem as manchas verdes e pretas. Segundo Verçozza (1991), o aparecimento de manchas pode ter origem do próprio material de construção, e para solucionar este problema, é necessário que a umidade seja eliminada.

### **2.5.5 Eflorescência**

De acordo com Santos e Silva Filho (2008, p.7), pode-se definir “Eflorescência” como: “depósitos cristalinos de cor branca que surgem na superfície do revestimento, como piso (cerâmicos ou não), paredes e tetos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas”.

As eflorescências são formações de depósitos salinos na superfície das estruturas, como resultado da sua exposição à água resultante de infiltrações ou intempéries. Há casos em que seus sais constituintes podem ser agressivos e causar degradação profunda. A modificação no aspecto visual pode ser intensa, havendo um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre o qual estes sais se depositam. Para a ocorrência da eflorescência, devem existir, concomitantemente, sais solúveis nos materiais ou componentes; presença de água; pressão hidrostática necessária para que a solução migre para a superfície; e possibilidade de evaporação. (FERNANDES, 2010).

Este tipo de manifestação patológica pode surgir nas estruturas de concreto em qualquer idade e geralmente não causa problemas maiores do que um desconforto visual. Entretanto, dependendo do grau de salinidade, a eflorescência pode levar ao descolamento de pinturas e revestimentos, e até mesmo a queda de elementos construtivos. (VERÇOZA, 1991).

De acordo com Linhares (2012), as umidades que causam eflorescências são ascensional e a higroscópica. A água chega até uma estrutura permeável através da capilaridade, esse fenômeno define a umidade ascensional. Materiais minerais como tijolos, cimento, entre outros, apresentam uma ação capilar. A umidade ascensional é maior quando os materiais têm maior número de capilares finos e também depende da capacidade de evaporação e da espessura das paredes, os maiores danos são causados pela cristalização de sais que resultam da evaporação da água.

Segundo Ferreira e Bergmann (2011), evitar as eflorescências esbarra na impossibilidade física de acontecer a total eliminação de sais solúveis, quando presentes no corpo cerâmico. Mesmo sabendo que os problemas causados pelos sais solúveis vêm sendo estudados desde muito tempo, os fatores e mecanismos que controlam a formação de cristais em meios porosos e o desenvolvimento da patologia ainda não são totalmente compreendidos.

### **2.5.6 Trincas**

As trincas são aberturas mais profundas e acentuadas. O fator determinante para se configurar uma trinca é a “separação entre as partes”, ou seja, o material em que a trinca se encontra está separado em dois. Uma parede, por exemplo, estaria dividida em duas partes.

As trincas são muito mais perigosas do que as fissuras, pois apresentam ruptura dos elementos, como no caso mencionado da parede, e assim podem afetar a segurança dos componentes da estrutura das edificações.

De acordo com a NBR 9575:2003, as trincas são aberturas ocasionadas por ruptura de um material ou componente com abertura superior a 0,5 mm e inferior a 1,0 mm.

### **2.5.7 Corrosão da armadura**

Este tipo de manifestação patológica, geralmente ocorre em peças de concreto aparente, pois a ação da corrosão acontece da interação destrutiva do material com o ambiente

através do processo químico e eletroquímico, ocasionado pela oxidação da armadura e, consequentemente, a ação da corrosão. (MELO, 2011).

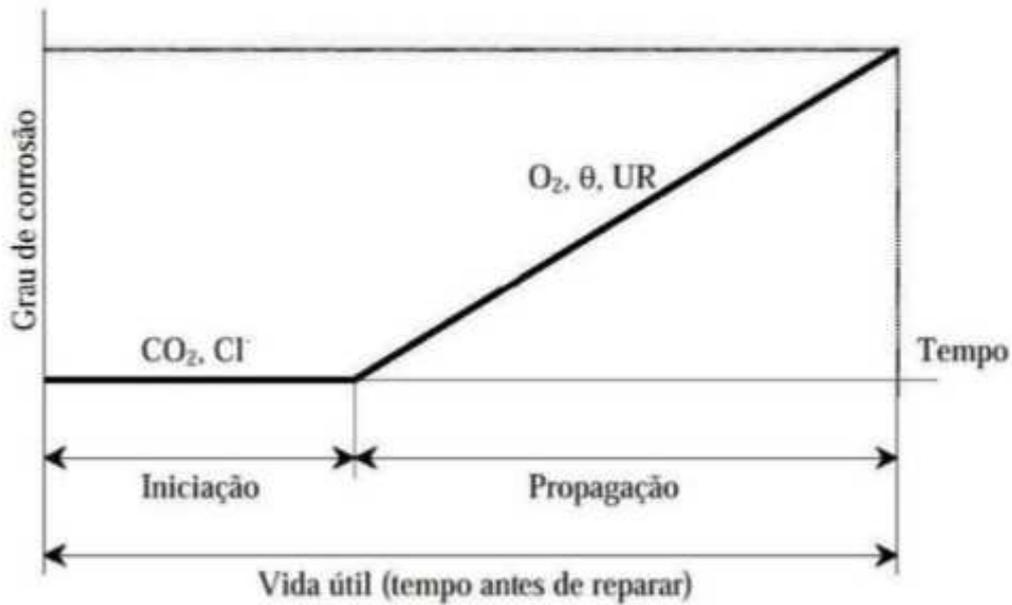
O processo de corrosão pode se iniciar em ambientes agressivos ou através de substâncias que podem despassivar as armaduras quando penetradas através de fissuras no concreto: i) redução da alcalinidade do concreto devido à carbonatação; ii) quantidade excessiva de cloretos, adicionados durante o amassamento do concreto ou que penetram através da microestrutura do concreto, ou outros íons despassivantes em contato com a armadura. (CASTRO, 1994).

Outro fator que pode ocasionar a corrosão, é o revestimento insuficiente, onde a armadura fica mais próxima das faces da peça e através de poros formados, facilita a entrada de agentes agressivos. (MELO, 2011).

No concreto armado, o aço está disposto no interior de um meio altamente alcalino no qual estaria protegido do processo de corrosão devido à presença de uma película protetora de caráter passivo, explica Cascudo (1997). A alcalinidade no interior do concreto provém da fase líquida existente nos seus poros que contém hidroxilas oriundas da ionização dos hidróxidos de cálcio, sódio e potássio. Mesmo em idades avançadas o concreto continua propiciando um meio básico que protege a armadura do fenômeno da corrosão.

Para Tuutti (1982), conforme mostra a Figura 25, observam-se dois períodos de corrosão. O primeiro deles é a iniciação, que corresponde desde a entrada do agente agressivo até o processo de despassivação da armadura. Já o segundo período é a propagação, onde o processo de corrosão uma vez consolidado aumenta gradualmente, em escala exponencial, ocasionando danos severos às armaduras.

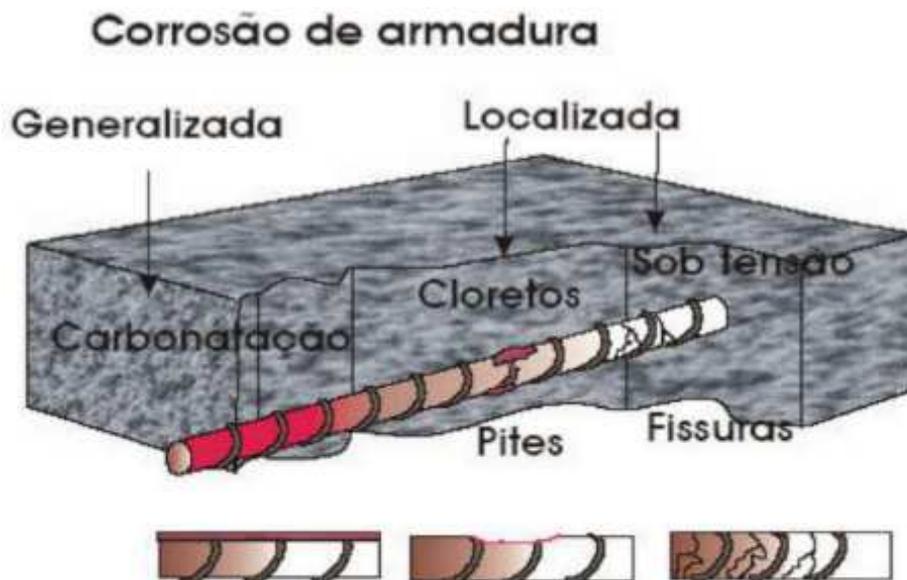
Figura 25 - Modelo de vida útil/processo (Grau máximo aceitável de corrosão)



Fonte: Tuutti (1982)

Para Cascudo (1997), os principais agentes agressivos que desencadeiam a corrosão das armaduras são, a ação dos íons cloretos (corrosão localizada por pite), redução de PH do aço (corrosão generalizada → carbonatação) e corrosão localizada sob tensão fraturante. Na Figura 26 podemos entender melhor sobre os tipos de corrosão e fatores que as provocam.

Figura 26 - Tipos de corrosão e fatores que as provocam



Fonte: Cascudo (1997)

## 2.6 FATORES QUE INFLUENCIAM NA DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

Na (NBR 6118: 2014), os mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita, são todos aqueles relacionados às ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação, bem como várias outras ações que atuam sobre a estrutura. Sua prevenção requer medidas específicas, que devem ser observadas em projeto, de acordo com a própria Norma ou Normas Brasileiras específicas. A norma cita alguns exemplos de medidas preventivas, conforme pode ser observado abaixo:

- Barreiras protetoras em pilares (de viadutos, pontes e outros) sujeitos a choques mecânicos;
- Período de cura após a concretagem (para estruturas correntes, ver ABNT NBR 14931);
- Juntas de dilatação em estruturas sujeitas à variações volumétricas;
- Isolamentos isotérmicos, em casos específicos, para prevenir patologias devidas a variações térmicas.

Em muitas estruturas de concreto, a deterioração acontece precocemente, devido à vários erros cometidos durante a fase de projeto e também na própria execução da obra. A falta de detalhes construtivos importantes, erro na especificação dos materiais, uso de dosagens erradas, mão de obra não qualificada, cura insuficiente, entre outros, podem determinar a redução da vida útil do concreto, onde os maiores problemas referentes à durabilidade são a alta permeabilidade, baixa compactação e deficiência da camada de concreto do cobrimento das armaduras. (AGUIAR, 2006).

A Norma (NBR 6118: 2014) apresenta um quadro com a classificação das agressividades ambientais, onde as estruturas deverão estar enquadradas. A partir deste quadro são feitas exigências quanto à classe do concreto, relação água/cimento e ao cobrimento nominal das armaduras.

### 2.6.1 Agressividade ambiental

“A agressividade do meio ambiente está relacionada com as ações físicas e químicas que atuam sobre a estrutura de concreto, independente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica (...)” (NBR 6118: 2014, p. 16).

Classificação das obras de acordo com a exposição ambiental da estrutura ou suas partes, conforme Quadro 6.

Quadro 6 - Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a, b</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	
<sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).			
<sup>b</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.			
<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.			

Fonte: NBR 6118 (2014)

## 2.6.2 Qualidade do concreto

A durabilidade das estruturas está diretamente relacionada à qualidade do concreto. Ensaio para comprovar o desempenho da durabilidade da estrutura, considerando o tipo e nível de agressividade ambiental, devem ser realizados para estabelecer os parâmetros mínimos a serem utilizados no projeto e execução das edificações. (AGUIAR, 2006).

Para a NBR 6118 (2014), na falta desses ensaios e devido à existência de uma forte correspondência entre a relação água/cimento e a resistência à compressão do concreto e sua durabilidade, permite que sejam adotados os requisitos mínimos, conforme apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto <sup>a</sup>	Tipo <sup>b, c</sup>	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

<sup>a</sup> O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

<sup>b</sup> CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

<sup>c</sup> CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: NBR 6118 (2014)

### 2.6.3 Cobrimento nominal

O cobrimento mínimo da armadura deve ser considerado como o menor valor obtido ao longo de todo o elemento estrutural. Para garantir o cobrimento mínimo ( $C_{min}$ ) o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal ( $C_{nom}$ ), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução ( $\Delta c$ ), que deve ser maior ou igual a 10 mm para as obras correntes e 5 mm para as obras com controle de qualidade rígido. (NBR 6118: 2014)

No Quadro 8 (NBR 6118: 2014), está apresentada a correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento para  $\Delta c = 10$  mm.

Quadro 8 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento para  $\Delta c = 10$  mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>c</sup>
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>b</sup>	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo <sup>d</sup>	30		40	50
Concreto protendido <sup>a</sup>	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

<sup>a</sup> Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

<sup>b</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal  $\geq 15$  mm.

<sup>c</sup> Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

<sup>d</sup> No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45$  mm.

Fonte: NBR 6118 (2014)

### 3 ESTUDO DE CASO

Inicia-se o estudo de caso com o procedimento metodológico utilizado. Na sequência, apresenta-se a descrição e caracterização do objeto de estudo, identificado neste trabalho. Logo após, trata-se da apresentação e análise dos dados obtidos a partir das visitas realizadas nas obras e as sugestões de melhorias contendo as ações necessárias para minimizar, ou mesmo evitar os problemas encontrados. Finalmente, apresenta-se as considerações em relação ao estudo de caso.

#### 3.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

De acordo com Silva e Menezes (2005) a pesquisa pode ser caracterizada com base na natureza e na abordagem do problema. Quanto à natureza, esta pesquisa é aplicada e do ponto de vista de abordagem do problema, a pesquisa é caracterizada predominantemente como qualitativa. Segundo Gil (2002) a pesquisa pode ser classificada considerando-se seu objetivo e procedimentos técnicos utilizados.

Para o estudo, foi adotada uma metodologia composta por etapas. São elas: o levantamento das manifestações patológicas através de inspeção visual *in loco*, o diagnóstico da situação encontrada e, por fim, a definição de uma solução a ser empregada com a finalidade de reparar as respectivas manifestações e evitar o aparecimento de novas.

A amostra de estudo desta pesquisa é considerada não-probabilística intencional. Para a definição da amostra considerou-se o prévio conhecimento de problemas existentes em obras pré-moldadas.

A coleta de dados foi realizada por observação assistemática, por não haver planejamento e controle previamente elaborados, e individual, composta por apenas um pesquisador. Nas vistorias *in loco* foram utilizados os sentidos humanos e instrumentos, como trena e máquina fotográfica, que facilitaram a coleta de informações sobre os problemas encontrados

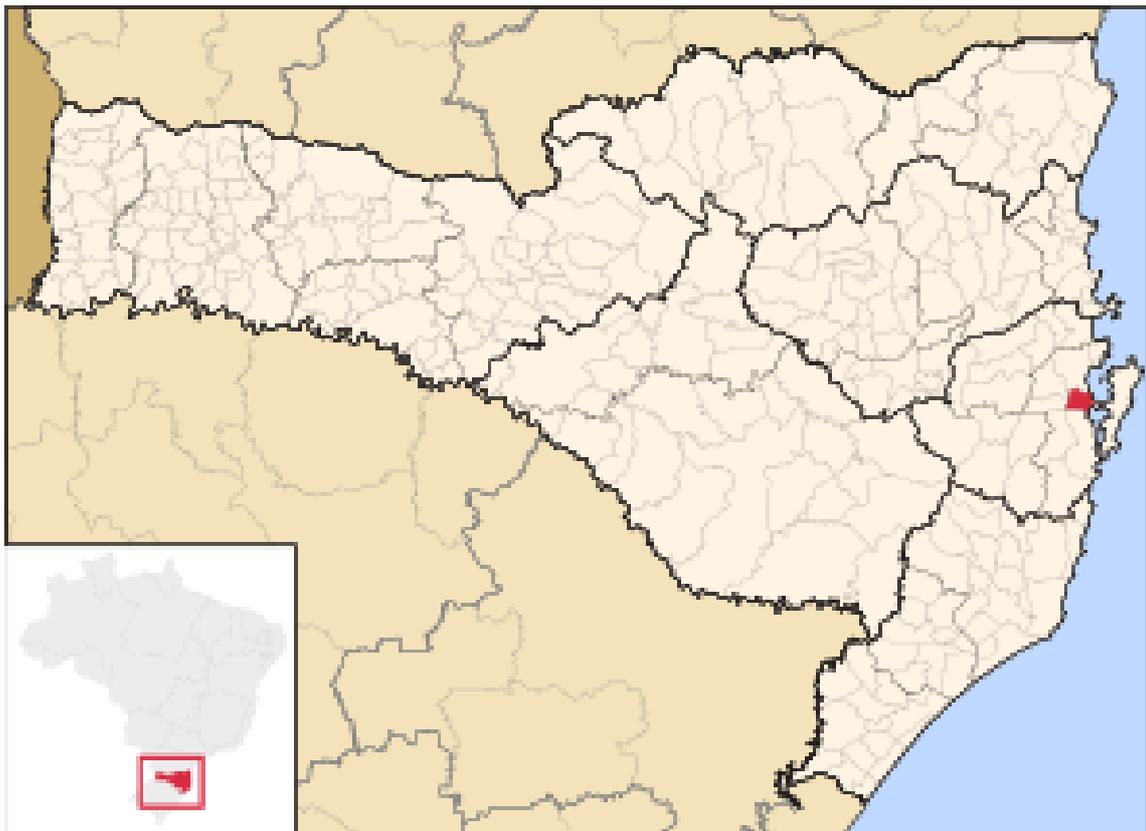
Após coleta de dados obtidos na parte da inspeção visual e registro fotográfico das manifestações patológicas, foram identificadas as anomalias mais frequentes em edificações pré-moldadas na região da grande Florianópolis, assim como possíveis reparos para as mesmas. Foram escolhidas algumas obras da região para a realização das inspeções.

### 3.2 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo de caso foi realizado nos municípios de São José e Palhoça, localizados na região da Grande Florianópolis, no litoral de Santa Catarina. Segundo estimativas do IBGE (2018), o município de Palhoça possui uma área em torno de 395,133 Km<sup>2</sup> e uma população de aproximadamente 168.259 habitantes. Já o município de São José, de acordo com a mesma fonte, possui uma área bem menor, com aproximadamente 113,6 Km<sup>2</sup>, e com uma população por volta de 242.927 habitantes.

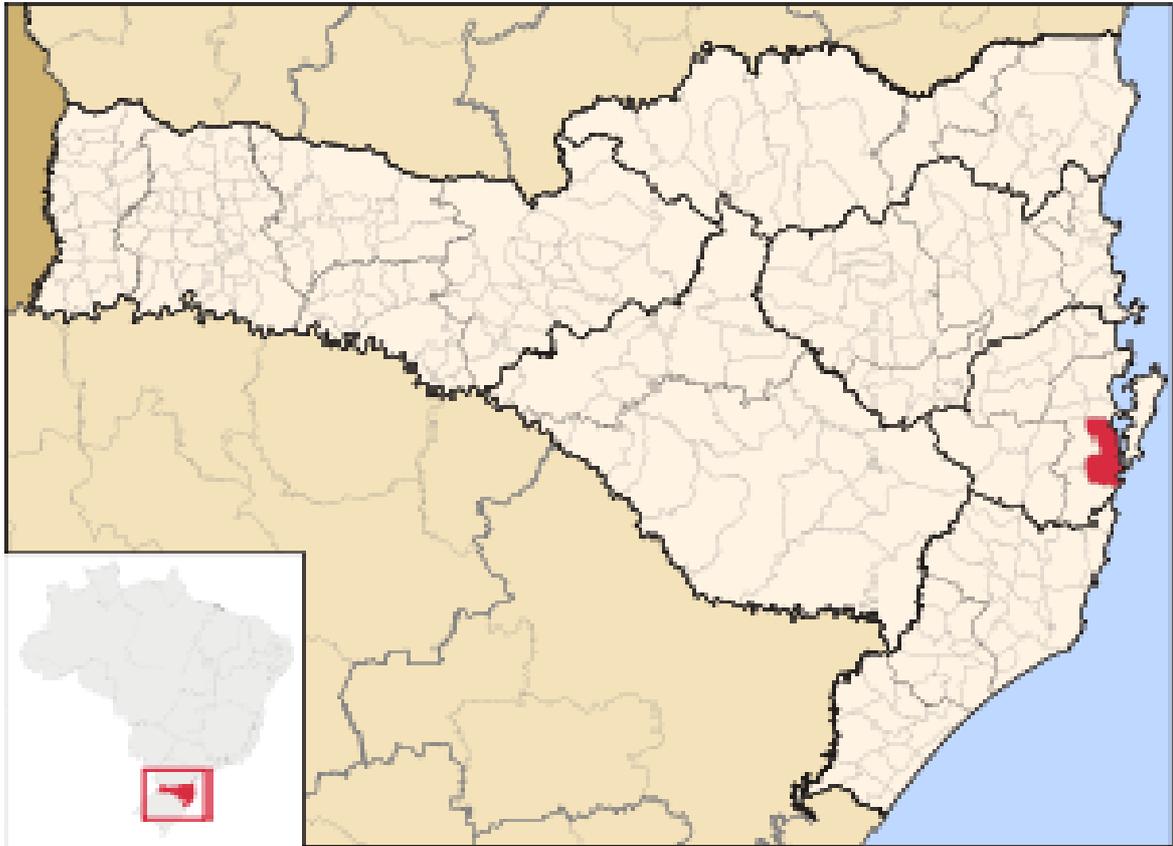
As Figura 27 e 28 mostram respectivamente, com destaque a posição das cidades de São José e Palhoça em relação ao Estado de Santa Catarina, e na miniatura no canto inferior esquerdo de cada imagem, a localização de Santa Catarina em relação ao Brasil.

Figura 27 - Mapa de Santa Catarina com destaque na cidade de São José-SC



Fonte: Wikipédia (2019)

Figura 28 - Mapa de Santa Catarina com destaque na cidade de Palhoça-SC



Fonte: Wikipédia (2019)

Para uma maior abrangência do trabalho, foram visitadas obras em diferentes etapas de execução e uso. Algumas delas foram visitadas durante a fase de execução, podendo ser observado o processo de montagem do pré-moldado. As Figuras 29, 30 e 31 abaixo mostram o processo de montagem da cobertura da edificação, composta por elementos protendidos.

Figura 29 - Montagem da estrutura pré-moldada



Fonte: Do autor (2019)

Figura 30 - Montagem da estrutura pré-moldada



Fonte: Do autor (2019)

Figura 31 - Montagem da estrutura pré-moldada



Fonte: Do autor (2019)

Já na Figura 32, além de se observar o processo de montagem da cobertura, consegue-se ver boa parte dos painéis de fechamento já montados, composto por painéis alveolares protendidos e fixados nos pilares através de elementos metálicos (cantoneiras). Para a proteção contra corrosão, todos os acessórios metálicos foram tratados com galvanização a fogo.

Figura 32 - Montagem da estrutura pré-moldada



Fonte: Do autor (2019)

Algumas das obras visitadas encontravam-se visivelmente abandonadas e inacabadas, conforme pode ser observado nas Figuras 33 e 34. Nela estão faltando as lajes dos mezaninos e as telhas de cobertura.

Figura 33 - Imagem de obra pré-moldada abandonada



Fonte: Do autor (2019)

Figura 34 - Imagem de obra pré-moldada abandonada



Fonte: Do autor (2019)

Outra edificação visitada, também se trata de uma obra inacabada e com boa parte da estrutura deteriorada. Refere-se a uma edificação construída para alugar, porém até hoje sem uso e sofrendo com a intemperes da natureza. Na Figura 35 pode ser observado a edificação citada, com parte estrutura bem antiga e outra parte da estrutura visivelmente construída recentemente.

Figura 35 - Imagem de galpão pré-moldado



Fonte: Do autor (2019)

Durante a visita em um condomínio industrial na cidade de Palhoça, foi encontrado um terreno utilizado para estocagem de peças pré-moldadas. Dentre as peças, pôde-se observar que uma parte delas está há muito tempo estocada, o que ocasionou uma grande degradação das mesmas. Mas em contrapartida, no mesmo terreno se encontravam peças recém fabricadas, aguardando para serem montadas em algum terreno próximo ao local de estocagem. O terreno com as peças pode ser visto nas Figuras 36 e 37.

Figura 36 - Peças estocadas para futura montagem do galpão



Fonte: Do autor (2019)

Figura 37 - Peças estocadas com processo de deterioração avançado



Fonte: Do autor (2019)

Outra obra visitada, situada no mesmo condomínio industrial de Palhoça, é composta por estrutura mista, como pode ser observado nas Figuras 38 e 39. Boa parte da estrutura é composta de concreto pré-moldado, com a cobertura e parte dos fechamentos em estrutura metálica.

Figura 38 - Imagem de galpão pré-moldado com estrutura mista



Fonte: Do autor (2019)

Figura 39 - Imagem de galpão pré-moldado com estrutura mista



Fonte: Do autor (2019)

### 3.3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

#### 3.3.1 Descrição das manifestações patológicas encontradas

Serão apresentadas a seguir, através do levantamento fotográfico, as manifestações patológicas, indicando suas possíveis causas, bem como sugestões para reparos, além de propor maneiras de diminuir ou até mesmo prevenir o surgimento de novas patologias.

##### 3.3.1.1 Corrosão de dispositivos metálicos

As obras visitadas estão em local considerado classe III de agressividade ambiental, classificação considerada como forte, na qual o risco de deterioração da estrutura é muito grande (NBR 6118, 2014). Na Figura 40, pode ser observado o dispositivo metálico, que servirá para fixação dos painéis nos pilares pré-moldados, em processo de corrosão, antes mesmo das peças serem montadas na estrutura. Já na Figura 41, o sistema de fixação de painéis é um pouco diferente, porém também com acessórios metálicos, e com o processo de corrosão bem avançado.

Figura 40 - Dispositivo metálico corroído (fixação dos painéis nos pilares)



Fonte: Do autor (2019)

Figura 41 - Dispositivo metálico corroído (fixação dos painéis nos pilares)



Fonte: Do autor (2019)

De acordo com o PCI (2007), a taxa de corrosão de peças metálicas não protegidas varia de 0,025 mm a 0,125 mm por ano, quando expostas ao ar e à umidade por uma parte considerável de sua vida. Por isso, dispositivos metálicos precisam de proteção quando não estão completamente recobertos por concreto com o cobrimento adequado. A proteção ao metal pode ser realizada por: pintura com shop primer, revestimento com pintura enriquecida com zinco (95% de zinco puro no filme seco), metalização cromada, metalização com zinco, galvanização por imersão a quente, revestimento epóxi, ou utilização de aço inoxidável.

Para que a proteção ao metal seja efetiva, o dispositivo deve estar adequadamente limpo antes do tratamento. Nos locais onde as conexões não são acessíveis após a montagem das peças, o tratamento com pintura enriquecida com zinco deve ser realizado antes da montagem e aparafusamento das peças. Se for necessária soldagem durante a montagem em campo, deve-se remover todas as escórias provenientes da soldagem e a solda também deve passar pelo tratamento de proteção para coincidir com o material do dispositivo. (PCI, 2007).

O uso das técnicas adequadas de proteção à dispositivos metálicos aumentará a durabilidade da peça, fazendo com que sua vida útil seja aproximadamente a mesma com relação ao restante da estrutura, sem que haja a necessidade de manutenção precoce.

Outro tipo de problema com dispositivo metálico está relacionado às alças de içamento das peças pré-moldadas. A Figura 42 ilustra um pilar com as alças totalmente cortadas, porém com suas extremidades expostas. Além de ser esteticamente desagradável, a exposição de armaduras pode levar a sua corrosão, manchando as peças pré-moldadas. Além disto, como o produto da corrosão é expansivo, pode haver também a degradação do concreto.

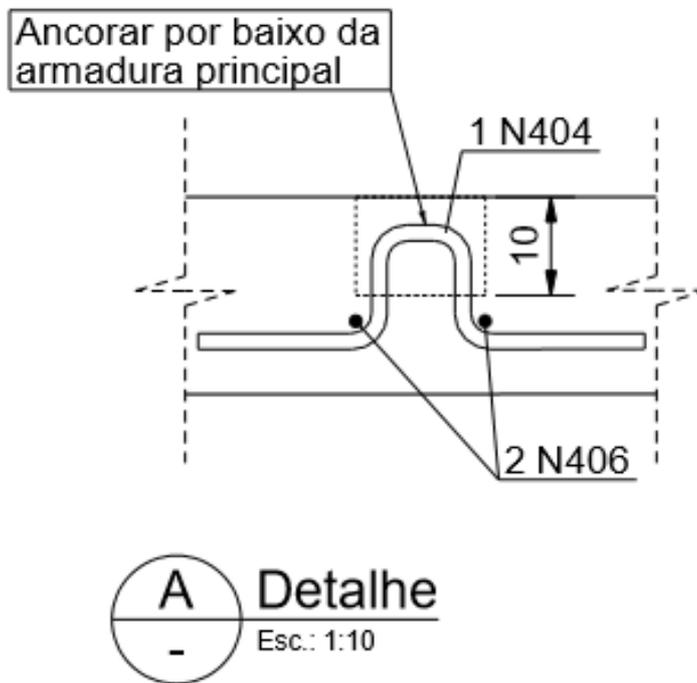
Figura 42 - Pilar com alça de içamento cortada



Fonte: Do autor (2019)

Para evitar que esses problemas aconteçam, há duas soluções diferentes. A primeira maneira seria cortar as alças rente ao concreto, sem degradá-lo, e aplicar uma proteção contra corrosão nas pontas que ficarem aparentes, como revestimento com tinta à base de epóxi. A segunda sugestão seria projetar a alça de içamento em uma cavidade na peça de concreto pré-moldado. Após a montagem da estrutura, a alça deve ser cortada e a cavidade preenchida com graute, conforme mostrado na Figura 43.

Figura 43 - Detalhe de projeto de nicho com alça para içamento



Fonte: Do autor (2017)

### 3.3.1.2 Folga excessiva entre ligações de elementos pré-moldados

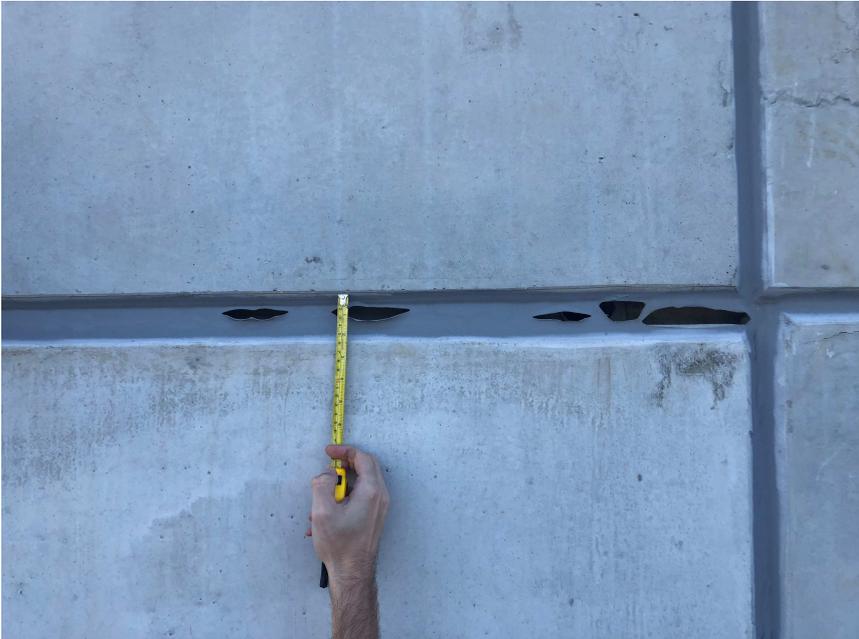
A ligação entre os elementos é considerada uma das partes mais críticas entre os elementos pré-moldados e está propensa a vários problemas. Por isso, seu projeto e execução devem ser realizados com muito cuidado, de modo a reduzir a incidência de falhas.

De acordo com ACKER (2002) a juntas entre os elementos devem ser projetadas de forma a não se tornarem um ponto fraco da estrutura. Além do mais, a junta deve ser impermeável e resistir às intempéries da natureza. Portanto, é indispensável o uso de material selante, como por exemplo silicone e poliuretano. O material selante deve estar aderido às faces dos dois elementos e ser flexível o suficiente para acomodar a movimentação da estrutura sem que haja perda de adesão e deslizamentos.

A recomendação para a espessura nas ligações entre painéis pré-moldados varia para diferentes autores e normas, sendo que deve se levar em conta os esforços aos quais a junta será solicitada para a definição da espessura. Ainda assim, pode-se considerar que a junta de ligação tenha entre 12 e 30 milímetros. Nas obras visitadas, alguns problemas foram identificados nas ligações entre as peças. As Figuras 44 e 45 mostram a junta horizontal entre

os painéis de fechamento com dimensão acima do permitido pelas normas, com aproximadamente 5,5 cm de largura, devido à um deslocamento do painel.

Figura 44 - Folga excessiva entre os painéis de fechamento



Fonte: Do autor (2019)

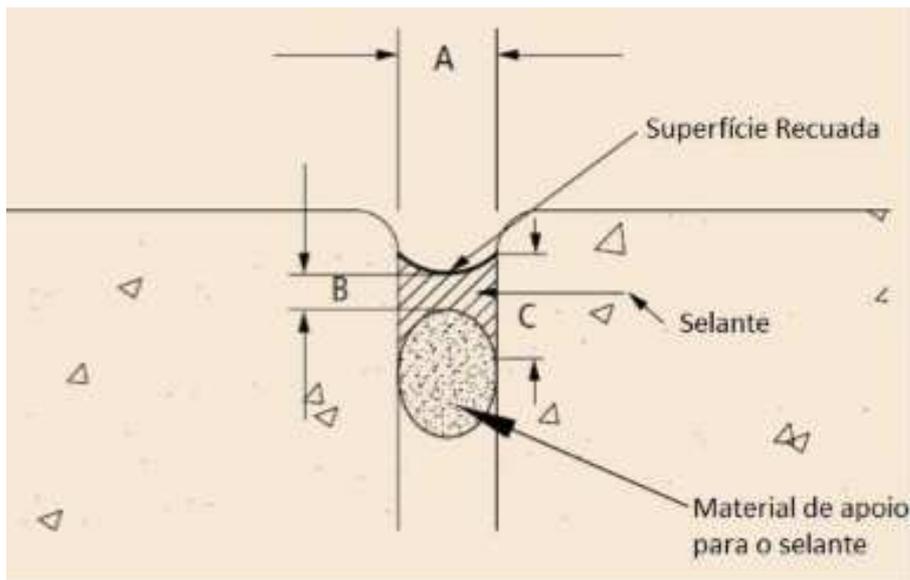
Figura 45 - Imagem ampliada da folga entre painéis



Fonte: Do autor (2019)

Segundo PCI (2007) na ligação entre as juntas, o material selante deve ser aplicado próximo à face externa do painel pré-moldado, depois da colocação de um material de apoio, que servirá de suporte e, conseqüentemente, para controle da profundidade do selante. Portanto, as ligações entre juntas deveriam ser executadas conforme mostrado na Figura 46.

Figura 46 - Junta entre painéis de fechamento



Fonte: PCI (2007) adaptado

Devido à exposição direta às intempéries, o material selante das juntas está sempre suscetível ao efeito do envelhecimento e mudança em suas propriedades. Por isso, as juntas devem ser dispostas em local acessível para que se possa realizar inspeções periódicas e, quando necessário, serviços de manutenção e reparos, mantendo a durabilidade da edificação (ACKER, 2002).

Acker (2002) ainda afirma que a largura adequada para a junta dependerá da movimentação dos elementos ligados a ela. Esses movimentos de expansão e contração são causados por mudanças de temperatura, umidade e retração do material. Para garantir a correta aplicação do selante, Acker (2002) recomenda que a junta tenha no mínimo 8 mm e no máximo 30 mm. O Quadro 9 fornece uma indicação de dimensões mínimas de juntas de acordo com a largura dos elementos.

Quadro 9 - Recomendação de largura mínima de juntas

<b>Largura do elemento (em metros)</b>	<b>Largura nominal mínima da junta (em milímetros)</b>
1,80	12
2,40	12
3,60	14
4,80	15
6,00	16

Fonte: Acker (2002) adaptado

### 3.3.1.3 Corrosão de armadura exposta em peças pré-moldadas

De acordo com Cascudo (1997), a corrosão das armaduras em concreto, é um caso específico de corrosão eletroquímica em meio aquoso, em que o eletrólito (concreto) apresenta características de resistividade elétrica mais altas do que as dos eletrólitos típicos, meio aquoso comum, não confinado em uma rede de poros, como é o caso do concreto.

“A armadura encontra-se no interior do concreto em meio altamente alcalino, pH em torno de 12.5. Esta alcalinidade provém da fase líquida constituinte dos poros do concreto, a qual, nas primeiras idades, basicamente é uma solução saturada de hidróxido de cálcio –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , chamado cimento Portland. Por outro lado, o concreto em idade avançada, permanece um composto alcalino, ao passo que neste caso a solução é composta de hidróxido de sódio (NaOH) e hidróxido de potássio (KOH) originários dos álcalis do cimento.” (CASCUDO, 1997, p.39).

Segundo AMBRÓSIO (2004), as estruturas de concreto armado apresentam ocorrências de corrosão das armaduras, devido aos seguintes processos desencadeadores:

- Cobrimento insuficiente da armadura;
- Concreto poroso;
- Existência de anomalias no concreto;
- Utilização de adesivos a base de cloretos e outros agentes químicos;
- Ataque externo de cloretos e outros agentes químicos;

Figura 47 - Placa de fechamento com armadura exposta



Fonte: Do autor (2019)

Na Figura 47 acima, pode-se observar o cobrimento insuficiente das armaduras do painel de fechamento. Isto aliado à um concreto de má qualidade, acaba comprometendo a resistência da peça e expondo a armadura à corrosão.

O mesmo problema pode ser observado na Figura 48 abaixo, onde o pilar possui pontos com armaduras expostas.

Figura 48 - Pilar com armadura exposta e em processo de corrosão



Fonte: Do autor (2019)

A Figura 49 abaixo mostra a exposição da armadura em uma peça com pouco tempo de fabricação, aguardando para futuramente ser montada. O deslocamento de uma parte do concreto e consequentemente a exposição da armadura, juntamente com as intempéries da natureza, estão ocasionando a oxidação das ferragens.

Figura 49 - Peça com pouco tempo de fabricação, porém exposta ao tempo



Fonte: Do autor (2019)

No caso de estruturas recém-construídas, os reparos devem ser feitos imediatamente após a retirada das fôrmas, reduzindo a possibilidade de haver grandes diferenças nas propriedades dos dois concretos. O concreto de reposição deve ter no mínimo resistência igual à do concreto já existente na estrutura, possuir granulometria e diâmetro máximo dos agregados compatíveis com o serviço, além de apresentar uma trabalhabilidade conveniente, a qual poderá ser melhorada com o uso de aditivos fluidificantes. (Souza e Ripper, 1998).

De acordo com Polito (2006), mesmo que a estrutura seja projetada e construída dentro dos critérios de durabilidade exigidos nas normas, existem ambientes suficientemente agressivos que acabam por atacar a armadura do concreto. Em casos como este, se faz necessário a utilização de métodos complementares de proteção da armadura.

Gentil (2003), considera fundamental o entendimento dos mecanismos envolvidos no processo corrosivo para um controle efetivo e, adoção do método de combate a corrosão. Sendo essencial o entendimento das variáveis dependentes do material metálico, da utilização e do meio corrosivo, para a escolha do melhor material.

Polito (2006), divide em dois grandes grupos os métodos complementares de proteção: os que atuam sobre o aço, e os que atuam sobre o concreto conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Métodos complementares de proteção das armaduras

Proteção de armaduras					
Características	Métodos que atuam sobre o aço			métodos que atuam sobre o concreto	
Tipo de método	Proteção catódica	Cobrimentos metálicos (galvanização)	Pinturas epóxis	Aditivos inibidores de corrosão	Pinturas epóxis, cera, etc.
Campo de aplicação	Qualquer	Ataques por água do mar, carbonatação	Qualquer	Ataque por cloretos adicionados durante o amassamento, carbonatação.	Qualquer
Vantagens	Único método eficaz em corrosão já iniciada	Facilidade de operação, Custo relativo, Sem manutenção	Sem manutenção, Eficaz contra corrosão por pite	Sem manutenção, Fácil aplicação, Custo relativo	Protegem ao mesmo tempo o concreto
	Pessoal qualificado	Deterioração locais por manipulação e transporte.	Custo elevado	Uso de quantidade ótima	Custo relativo
Inconvenientes	Controle contínuo	Ineficiente na proteção contra a corrosão por pite causada por cloretos	Colocação na obra	Regiões com diferentes suscetibilidade a corrosão	Necessidade de manutenção
			Baixa aderência entre o produto e a barra de aço		Retenção de água nos poros, favorece a corrosão.

Fonte: Polito (2006)

As técnicas eletroquímicas são três: proteção catódica, extração de cloretos e realcalinização. Estas técnicas consistem em aplicar uma corrente elétrica contínua entre a armadura, que funciona como catodo, e um eletrodo auxiliar externo, que funciona como anodo. As principais diferenças estão na densidade de corrente e na duração do tratamento.

De acordo com Polito (2006), a armadura poderá ser protegida contra a corrosão com a utilização de revestimentos em sua superfície. Esses revestimentos podem ser de metais mais resistentes ou de materiais orgânicos, à base de epóxi. Ainda para o autor, quando se trata do uso de armaduras especiais, mudam-se os conceitos com relação à durabilidade e vida útil da edificação. São materiais que não estão sujeitos à corrosão ou apresentam períodos de iniciação longos e taxas de corrosão desprezíveis, podendo atingir uma vida útil entre 100 e 120 anos.

Ainda segundo Polito (2006), o inibidor de corrosão é um composto químico que quando introduzido no concreto em pequenas quantidades, pode evitar ou reduzir o aparecimento de corrosão nas armaduras sem afetar as propriedades físicas ou microestrutura do concreto.

Além disso, mesmo após a recuperação, é possível prevenir que novos pontos de corrosão ocorram. Isaia (2011) indica como métodos de proteção contra a corrosão, a proteção por barreira, a repassivação, a proteção catódica e por inibição.

#### 3.3.1.4 Manchas, mofo ou bolor em peças pré-moldadas

O termo bolor ou mofo é entendido como a colonização por diversas populações de fungos sobre vários tipos de substrato. De acordo com Allucci (1988), o termo emboloramento constitui-se em uma “alteração observável macroscopicamente na superfície de diferentes materiais, sendo uma consequência do desenvolvimento de microrganismos pertencentes ao grupo dos fungos”. A proliferação de fungos causa um mal aspecto visual para a obra, formando manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, marrom e verde, ou ocasionalmente, manchas claras esbranquiçadas ou amareladas.

As Figuras 50 e 51 mostram uma edificação visivelmente abandonada, com quase totalidade dos seus elementos manchados.

Figura 50 - Galpão abandonado e com sua estrutura totalmente manchada



Fonte: Do autor (2019)

Figura 51 - Galpão abandonado e com sua estrutura totalmente manchada



Fonte: Do autor (2019)

Abaixo, nas Figuras 52 e 53, pode-se observar outro galpão fora de uso, onde toda a parte estrutural do galpão está exposta ao tempo sem nenhum tipo de proteção ou manutenção, o que resulta na aparição de manchas por toda a sua estrutura.

Figura 52 - Peças de cobertura totalmente manchadas



Fonte: Do autor (2019)

Figura 53 - Peças pré-moldadas manchadas



Fonte: Do autor (2019)

Já a Figura 54, mostra um pilar com descida pluvial que apresenta uma grande concentração de fundos na sua base, na região onde a saída pluvial se encontra em contato direto com a peça, pode-se observar que não existe uma peça de ligação entre a saída pluvial e a calha coletora. Casos como estes são comuns, visto que saídas pluviais são projetadas para ficarem numa parte mais escondida da edificação, porém, ainda assim ficam visivelmente aparentes se a edificação for observada por algum observador mais atento.

Figura 54 - Base do pilar pré-moldado com manchas



Fonte: Do autor (2019)

Segundo Santos Filho (2008), as recomendações de recuperação quanto a mofos e bolores são:

- Executar limpeza das superfícies contaminadas;
- Emprego de soluções fungicidas;
- Utilizar durante o reparo materiais de construção mais resistentes ao bolor, como os materiais fungicidas.

De acordo com Resende (2001), para a prevenção de bolor, é recomendado que cuidados sejam tomados desde a fase de projeto, como por exemplo: disposição adequada dos espaços internos, projetar janelas e vãos que favoreçam a ventilação, proteção interna e externa das estruturas que estão sujeitas a infiltração de água.

Outro processo de prevenção é a impermeabilização, onde segundo a NBR 9575 (2010), ela visa garantir a estanqueidade da estrutura, preservando os elementos e componentes da edificação contra agentes agressivos. A impermeabilização é uma técnica adotada com o objetivo de selar, vedar materiais porosos e suas falhas. Tais poros podem ter origem tanto por questões de projeto e execução quanto pela distribuição de esforços estruturais causados na utilização, além da própria mecânica dos materiais em contato entre si.

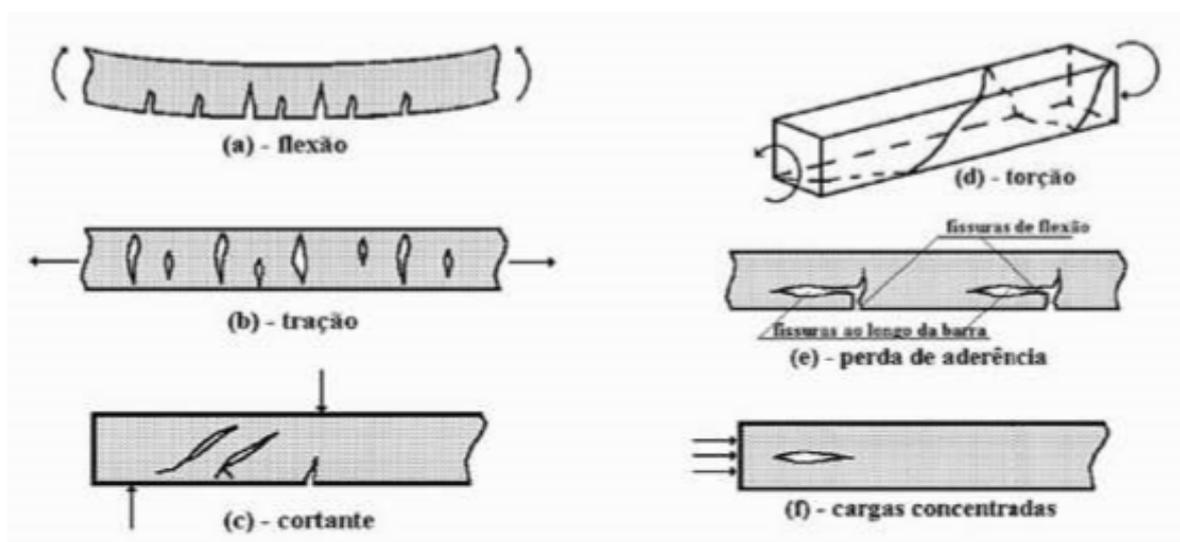
#### 3.3.1.5 Fissuras e trincas em elementos pré-moldados

A caracterização da fissuração como deficiência estrutural dependerá sempre da sua origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração existente, uma vez que o concreto, por ser um material com baixa resistência a tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões de tração, que podem ser instaladas pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência última de tração. (Souza e Ripper, 1998)

Ainda segundo Souza e Ripper (1998), as falhas ocorridas em projetos estruturais, com influência direta na formação de fissuras, podem ser as mais diversas, assumindo as correspondentes fissuras uma configuração própria, em função do tipo de esforço a que estão submetidas às várias peças estruturais.

Solicitações superiores aos esforços previstos em projeto, podem causar fissuras. A tipologia dessas fissuras, segundo Aranha (1994), segue padrões próprios de acordo com as solicitações, sejam elas de tração, compressão, cisalhamento ou torção. A Figura 55 mostra algumas configurações genéricas de fissuras em função do tipo de solicitação predominante.

Figura 55 - Configurações genéricas de fissuras em função do tipo de solicitação predominante



Fonte: Souza e Ripper (1998)

Outro fator importante e causador de fissuras no concreto armado, é a retração. De modo geral as fissuras por retração do concreto são ocasionadas pela diminuição de volume do concreto devido à perda de água no seu estado fresco ou endurecido. Algumas vezes é colocado água em excesso para proporcionar ao operário uma maior trabalhabilidade do concreto ao concretar uma peça, essa água em excesso não é consumida na reação de hidratação do cimento. (FILHO, 2013).

Pode-se dizer que o concreto retrai em dois momentos distintos: no seu estado plástico e no estado endurecido.

Segundo Da Silva (2016), quando o concreto ainda se encontra no estado plástico, logo após o seu lançamento nas fôrmas, as variações de volume podem ocorrer pelo fato das altas temperaturas durante as reações exotérmicas na hidratação do cimento e posterior contração diferencial pelo resfriamento. Nesta fase o concreto apresenta baixa resistência a tração, fator que facilita o aparecimento de fissuras nessas situações.

Mesmo no seu estado endurecido, o concreto continua sujeito a retração e à perda de água para o meio ambiente, mesmo que seja maior nas primeiras idades. Segundo Da Silva (2016, p. 15), “Esse tipo de fissura ocorre porque existe uma força de atrito entre a proteção mecânica e o substrato (no caso a impermeabilização ou proteção mecânica primária) contrário às tensões de retração e, como a resistência à tração do concreto é baixa, as fissuras ocorrem geralmente no centro das placas, onde as tensões são mais altas.”

Na Figura 56, podem ser observadas várias fissuras, possivelmente provenientes da retração do concreto.

Figura 56 - Pilar pré-moldado com fissuras



Fonte: Do autor (2019)

De acordo com Torrescasana (1999), a retração, que pode ser classificada em três tipos:

- Retração química: a reação química do cimento e água se dá com redução de volume; a força de coesão interna reduz o volume da água em 25%.
- Retração de secagem: a água em excesso evapora e isto gera forças capilares equivalentes a uma compressão, produzindo, redução de volume.
- Retração por carbonatação: a cal hidratada reage com o gás carbônico e forma o carbonato de cálcio. Esta reação é acompanhada de redução de volume e gera retração. As fissuras de retração normalmente são notadas algum tempo depois do endurecimento do concreto.

A Figura 57 mostra um pilar pré-moldado com algumas fissuras, possivelmente provenientes da falta de armadura na região dos ganchos para içamento ou também pela estocagem de maneira errada da peça.

Figura 57 - Pilar pré-moldado com fissuras



Fonte: Do autor (2019)

A descarga de elementos pré-moldados deve ser feita com os mesmos cuidados do manuseio. O armazenamento deve ser efetuado sobre dispositivos de apoio assentes sobre terreno plano e firme. (NBR 9062)

Deve ser analisada criteriosamente a segurança contra o tombamento do elemento considerado isoladamente ou formando pilhas. No caso da necessidade de escoramento lateral, este não pode introduzir esforços não previstos no cálculo dos elementos de concreto. (NBR 9062)

Pode ser visto na Figura 58, várias fissuras no painel de fechamento, possivelmente devido ao manuseio ou estocagem errada da peça

Figura 58 - Pannel de fechamento com fissuras



Fonte: Do autor (2019)

Figura 59 mostra um pilar com fissura, possivelmente proveniente da falta de reforço em torno do furo para içamento e montagem da peça.

Figura 59 - Pilar pré-moldado com fissuras em torno do furo



Fonte: Do autor (2019)

Figura 60 - Pannel de fechamento com fissura



Fonte: Do autor (2019)

Na Figura 60 pode-se observar o pannel de fechamento com uma trinca em uma de suas extremidades, proveniente de erro ou descuido durante a montagem da estrutura. Para verificação se a trinca é progressiva, testes devem ser feitos para então saber se há a necessidade de fazer um reforço estrutural na peça.

De acordo com Thomaz (1989), a recuperação dos elementos com trincas deverá ser executada somente após um diagnóstico estável, e também depois da certificação de que as trincas não influenciarão no comportamento estrutural do edifício.

Caso haja a necessidade de reforço, a recuperação pode ser executada da seguinte maneira: depois de eliminar a causa do problema, deve-se segundo Thomaz (1989), aplicar uma argamassa de cimento e areia com uma proporção 1:2 ou 1:3 bem seca, contra as armaduras e a cavidade do concreto onde há a presença de trincas.

Segundo Júnior (1997), é recomendável que as fissuras sejam sempre consideradas como ativas, uma vez que, mesmo corrigindo as causas que deram origem a esta patologia, a sua abertura continua a variar, devido às variações térmicas e higroscópicas dos elementos.

Dessa forma, uma maneira de proporcionar maior capacidade de deformação seria com a adição de polímeros ou fibras às argamassas utilizadas, ou utilizar uma argamassa flexível própria para recuperação. Além do mais, o autor recomenda também o uso de tela metálica, para auxiliar a argamassa. Apesar das origens das fissuras serem diversas, geralmente elas são recuperadas do mesmo modo, que inclui a abertura das mesmas, em seguida, há a verificação de vazamentos em tubulações hidráulicas próximo ao local. A abertura deve ser limpa com material que estanqueie o revestimento em volta da mesma, deve-se esperar a secagem total da região, e em seguida, aplica-se a argamassa flexível, recuperando o local e prevenindo problemas semelhantes. (Thomaz, 1989).

#### 3.3.1.6 Elemento pré-moldado com porosidade no concreto

O concreto, quando preparado e lançado corretamente, tende a ser uma mistura homogênea que preenche toda a fôrma e envolve completamente toda a armadura da peça. Porém, quando mal adensado ou havendo um lançamento incorreto desta mistura, tende a ocorrer falhas na concretagem, a chamada porosidade. (Arivabene, 2015).

A porosidade no concreto, também conhecida como “bicheira”, são descontinuidades da concretagem, lacunas ou vazios no concreto. Esses vazios deixam a peça vulnerável e permitem a entrada de umidade e de outros agentes que, ao longo do tempo, fatalmente causarão a corrosão das armaduras da peça em questão.

As principais causas de bicheiras em peças, são por deficiências no adensamento, como falta de vibração no concreto ou falhas no lançamento, onde as pedras podem se separar da argamassa. Além disso, a alta concentração de armadura e falta de espaçamento entre elas também pode causar vazios e a segregação do concreto, visto que o a falta de espaçamento dificulta a passagem da brita. Utilizar vibradores adequados, evitar de encostar na armadura na hora de vibrar e fazer o lançamento do concreto o mais próximo possível, são precauções que podem diminuir a porosidade de uma peça. (Piancastelli, 1997).

Na Figura 61 pode-se observar a presença de poros no painel de fechamento, fato que facilita a entrada de água, ocasionando patologias na peça.

Figura 61 - Pannel de fechamento com porosidade no concreto



Fonte: Do autor (2019)

Esse processo de separação pode ser provocado por várias causas como: lançamento livre de grande altura; concentração de armadura que impede a passagem da brita; má dosagem do concreto; vazamento da pasta de cimento através das fôrmas; uso inadequado de vibradores. (Piancastelli, 1997).

### 3.4 CONSIDERAÇÕES

O presente estudo revelou algumas das manifestações patológicas encontradas em estruturas pré-fabricadas nas cidades de São José-SC e Palhoça-SC. Para tanto, considerou-se as seguintes etapas: foi realizado um levantamento visual e de imagens, a fim de identificar os defeitos e sua possível origem. A seguinte etapa consistiu em identificar e apontar sugestões de recuperação para as patologias encontradas. Por fim, foram apontadas sugestões para minimizar ou até mesmo evitar o aparecimento de novas imperfeições.

Em virtude dos problemas existentes, os edifícios visitados não desempenham suas funções adequadamente, o que, por consequência, pode afetar suas condições de uso e sua durabilidade.

A etapa de identificação das manifestações patológicas de acordo com a origem evidenciou, em alguns casos, a negligência dos usuários quanto à realização de procedimentos de manutenção preventiva e/ou conservação.

As formas de recuperação foram fundamentadas em medidas preventivas, uma vez que quanto maior a proximidade entre a medida preventiva e a solução corretiva escolhida, melhor será a qualidade do reparo.

É importante lembrar que a realização de estudos que buscam avaliar, caracterizar e diagnosticar a ocorrência de danos em obras, são fundamentais para o processo de produção e uso das edificações. Permitem conhecer ações eficientes para diminuir ou até mesmo evitar o aparecimento de falhas e problemas, tendendo a melhorar a qualidade geral das edificações.

Por fim, avalia-se que o presente estudo de caso tornou-se importante para o assimilar de forma mais aprofundada o tema abordado. Portanto, acredita-se que as considerações e sugestões realizadas nesse estudo poderão ser aplicadas de forma a contribuir para a melhoria do nível de qualidade das edificações pré-fabricadas da região estudada.

## 4 CONCLUSÃO

O sistema pré-moldado é um grande avanço na construção civil, com um enorme potencial de otimização dos processos e dos materiais utilizados. A substituição dos processos artesanais pela produção industrial pode trazer grande agilidade na construção da edificação, obras com baixos índices de desperdício e um alto nível de qualidade.

Um problema com relação ao uso do sistema pré-moldado de concreto está relacionado ao fato do tema ser pouco difundido, quando comparado ao concreto moldado *in loco*. O aprendizado sobre esse tema ainda não é oportunizado, de forma geral, nos cursos de graduação em Engenharia Civil, sendo que os profissionais que possuem interesse no sistema devem procurar cursos e pós-graduações. Além disso, ainda é bastante difícil encontrar na bibliografia, até mesmo internacional, soluções para alguns problemas bem específicos.

O presente estudo teve como objetivo principal descobrir quais as principais causas de fissuras, trincas, manchas, corrosões, entre outras patologias presentes em estruturas de concreto pré-moldado. Pode-se também entender que as principais causas das manifestações patológicas nas edificações podem ser evitadas, e que são consequências, na maioria das vezes, da má execução da edificação e/ou baixa qualidade dos materiais empregados e/ou falha de projeto.

O uso do sistema pré-moldado de concreto é uma forma de se otimizar os processos da construção civil e aumentar o nível de qualidade das obras.

Por fim, cabe salientar que mesmo ocorrendo melhorias significativas das técnicas construtivas, emprego da compatibilidade dos projetos e capacitação da mão de obra, pode continuar aparecendo manifestações patológicas nas edificações por outros motivos, por isso, deve ser implementado um programa eficiente de inspeção/manutenção constante para assegurar a durabilidade das construções.

## 5 BIBLIOGRAFIA

ACKER, A. V. **Manual de Pré- Fabricados de Concreto**. [S.l.]: [s.n.], 2002.

AGUIAR, J. E. D. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do concreto armado a partir de estruturas duráveis**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Belo Horizonte. 2006.

AMBRÓSIO, T. D. S. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, p. 128. 2004.

ARIVABENE, A. C. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado - Estudo de Caso**. Instituto de Pós-Graduação – IPOG. Vitória. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 9575: Impermeabilização: seleção e projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212 - Execução de concreto dosado em central**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575: Edificações habitacionais – Desempenho: Requisitos para os sistemas estruturais**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16258 - Estacas pré-fabricadas de concreto**. ABNT. Rio de Janeiro. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 238. 2014.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 86. 2017.

BAUER, R. J. F. **Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica**. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Argamassa - SBTA. Salvador, p. 321 - 362. 1997.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: PINI, 1988.

CASCUDO, O. **O Controle da Corrosão das Armaduras em Concreto - Inspeção e Técnicas Eletroquímicas**. São Paulo: Pini, 1997.

CASTRO, E. K. **Desenvolvimento de tecnologia para manutenção de estruturas de concreto armado**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília – UnB. Brasília. 1994.

CORSINI, R. Tricas ou fissuras? **Téchne**, n. 160, p. 7, Julho 2010.

DA CUNHA, B. F. **SISTEMA PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO: Estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina**. UFSC. Florianópolis, p. 109. 2006.

DEUTSCH, S. F. **Perícias de engenharia: a apuração dos fatos**. São Paulo: [s.n.], 2011.

EL DEBS, K. **CONCRETO PRÉ-MOLDADO: Fundamentos e Aplicações**. 1ª. ed. São Carlos - SP: [s.n.], 2000.

FERNANDES, P. H. C. **Estudo sobre a influência do massará no processo de formação de salitre em rebocos na região de Teresina – PI**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2010.

FIGUEIREDO, E. P.; MEIRA, G. **Corrosão das armaduras das estruturas de concreto**. Boletim técnico 06. México. 2013.

GENTIL, V. Corrosão. **LTC**, Rio de Janeiro, n. 4ª, p. 341, 2003.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projeto de Pesquisa**. 4ª. ed. São Paulo: ATLAS S.A., 2002.

HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1997.

ISAIA, G. C. **Concreto: ciência e tecnologia**. IBRACON. São Paulo. 2011.

JORGE, M. **Estudo da lixiviação do concreto compactado com rolo pela ação de águas puras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2001.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 56. 2008.

LINHARES, B. **Umidade em Edifícios Intervenções**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. [S.l.]. 2012.

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

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

MELO, A. C. A. **Estudo das manifestações patológicas nas marquises de concreto armado do Recife**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Pernambuco. Recife. 2011.

MELO, C. E. E. **Manual Munte de Projetos em Pré-fabricados de Concreto**. 2ª. ed. São Paulo - SP: PINI Ltda., 2007.

MIOTTO, D. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco - PR**. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná. Paraná. 2010.

OLIVEIRA, L. A. D. **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2002.

PCI - PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE. **Architectural precast concrete**. 3<sup>a</sup>. ed. Chicago: PCI, 2007.

PCI - PRECAST/PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE. **Design handbook**. 7<sup>a</sup>. ed. Chicago: PCI, 2010.

PEREIRA, F.; HELENE, P. R. L. **Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto**. São Paulo: [s.n.], 2007.

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas**. São Paulo: Pini, 1988. 571-78 p.

PIANCASTELLI, E. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. Ed. Depto. Estruturas da EEUFMG. [S.l.], p. 160. 1997.

POLITO, G. **Corrosão em estruturas de concreto armado: Causas, mecanismos, prevenção e recuperação**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 191. 2006.

RESENDE, M. M. **Manutenção preventiva de revestimentos de fachada de edifícios: limpeza de revestimentos cerâmicos**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.

SANTOS FILHO, L. M. Apostila patologia das construções, Curitiba, Outubro 2008.  
SCHÖNARDIE, C. E. **Análise e Tratamento das Manifestações Patológicas por Infiltração em Edificações**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí. 2009.

SHIRAKAWA, M. A. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente**. I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. Goiânia, p. 402. 1995.

SILVA, E. L. D.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Laboratório de Ensino à Distância da UFSC. Florianópolis. 2005.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: PINI, 1989.

TUUTTI, K. **Corrosion of steel in concrete**. Stockholm, Swedish Cement and Concrete. Research Institute. [S.l.]. 1982.

VERÇOZA, E. J. **Patologias das Edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 3<sup>a</sup>. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.