

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CLAUDIO CESAR WAJDOWICZ

ELABORAÇÃO DE ESTRUTURA ANALÍTICA DE PARTIÇÃO (EAP) PARA  
ORÇAMENTOS REFERENTES À RECUPERAÇÃO DAS PRINCIPAIS  
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS DE CONCRETO  
ARMADO

CURITIBA

2017

CLAUDIO CESAR WAJDOWICZ

ELABORAÇÃO DE ESTRUTURA ANALÍTICA DE PARTIÇÃO (EAP) PARA  
ORÇAMENTOS REFERENTES À RECUPERAÇÃO DAS PRINCIPAIS  
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS DE CONCRETO  
ARMADO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Departamento de Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Construção Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana de Paula Lacerda Santos

CURITIBA

2017

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR  
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

---

W138e Wajdowicz, Claudio Cesar  
Elaboração de estrutura analítica de partição (EAP) para orçamentos referentes à recuperação das principais manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto armado [Recurso eletrônico] / Claudio Cesar Wajdowicz – Curitiba, 2017.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil.

Orientadora: Adriana de Paula Lacerda Santos.

1. Pontes de concreto. 2. Viadutos – Manutenção e restauração.  
I. Universidade Federal do Paraná. II. Santos, Adriana de Paula Lacerda. III. Título.

CDD: 724.2

---

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585

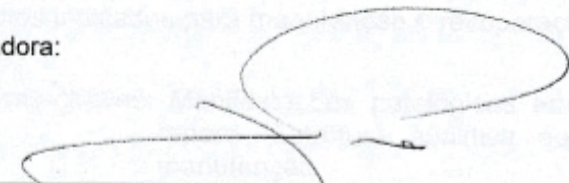
## TERMO DE APROVAÇÃO

CLAUDIO CESAR WAJDOWICZ

### ELABORAÇÃO DE ESTRUTURA ANALÍTICA DE PARTIÇÃO (EAP) PARA ORÇAMENTOS REFERENTES À RECUPERAÇÃO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS DE CONCRETO ARMADO

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Construção Civil no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Departamento de Construção Civil, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, pela banca examinadora:

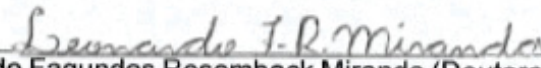
Orientadora:



---

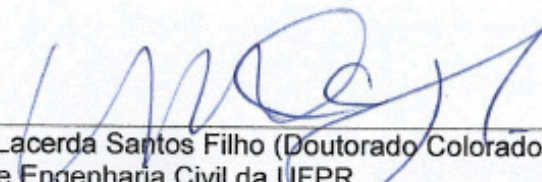
Prof.ª Dr.ª. Adriana de Paula Lacerda Santos (Doutorado UFSC)  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da  
UFPR

Examinadores:



---

Prof. Dr. Leonardo Fagundes Rosemback Miranda (Doutorado USP-SP)  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da  
UFPR.



---

Prof. Dr. Mauro Lacerda Santos Filho (Doutorado Colorado ST – USA)  
Departamento de Engenharia Civil da UFPR

Curitiba, 28 de julho de 2017.

## RESUMO

A precária gestão de manutenção da infraestrutura do país acelerou o processo de degradação das pontes e viadutos, gerando a necessidade de obras de recuperação. Uma forma de contribuir com o sistema de gestão de obras especiais é o aperfeiçoamento de orçamentos de manutenção. Esta pesquisa buscou elaborar estruturas de partição de trabalho (EAP), através do método de rede de composições de custos, para as manifestações patológicas mais frequentes em pontes e viadutos de concreto armado, apresentando soluções de manutenção e recuperação. Para avaliação da estrutura idealizada e das composições listadas na EAP, utilizou-se a técnica Delphi, com o apoio de especialistas da área. Como resultado do trabalho, são apresentados fluxogramas e EAPs, visando soluções para as principais manifestações patológicas relacionadas. Foram apresentadas 34 composições de custos, baseadas em três diferentes fontes: (1) TCPO (Tabela de Composições de Preços para Orçamentos), (2) Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto e (3) Manual de Custos Rodoviários (DNIT, 2003). Como complementação do resultado desta pesquisa, são apresentados quadros com produtos indicados para manutenção e recuperação de pontes e viadutos.

Palavras-chaves: Manifestações patológicas em pontes e viadutos. Soluções de reparo. Estrutura analítica de partição (EAP). Orçamento de manutenção.

## **ABSTRACT**

The country's poor infrastructure maintenance accelerated the degradation process on bridges and overpasses, generating the need for restoration work. One way to contribute to the management system in infrastructure projects such as this is to improve maintenance budgets. This research aimed to elaborate work partition structures (EAP), through the cost composition network method, for the most frequent pathological manifestations in bridges and viaducts of reinforced concrete, presenting maintenance and recovery solutions. With the support of specialists in the area, we used Delphi technique to evaluate the structure and the compositions listed in the EAP. As a result of the work, we presented flowcharts and EAPs, seeking solutions to the main pathological manifestations. Thirty-four cost compositions were presented, based on three different sources: (1) TCPO (Price Composition Table for Budgets), (2) Manual of Repair, Protection and Reinforcement of Concrete Structures and (3) Manual of Road Costs (DNIT, 2003). To complement the result of this research, we presented the ideal products for maintenance and recovery of bridges and viaducts.

**Keywords:** Pathological manifestations in bridges. Repair solutions. Analytical partition structure (EAP). Maintenance budget.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-1 – ACIDENTE NA PONTE SOBRE A REPRESA DO CAPIVARI-CACHOEIRA.....	18
FIGURA 2-1 – VISÃO GERAL DE UMA PONTE, IDENTIFICANDO OS PRINCIPAIS ELEMENTOS.....	24
FIGURA 2-2 – PROCESSO DE DETERIORAÇÃO DO CONCRETO.....	25
FIGURA 2-3 – SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADA.....	26
FIGURA 2-4 – SISTEMA MULTICRITÉRIO.....	27
FIGURA 2-5 – PROCESSO DE SUPORTE DE DECISÃO.....	28
FIGURA 2-6 – FOTO VISTORIA EMEA.....	32
FIGURA 2-7 – CORROSÃO POR CARBONATAÇÃO.....	34
FIGURA 2-8 – MATERIAIS APLICADOS PARA REABILITAÇÃO DE CORROSÃO.....	35
FIGURA 2-9 – PROJETO DE RECUPERAÇÃO COM FIBRA DE CARBONO.....	37
FIGURA 2-10 – APLICAÇÃO DE FIBRA DE CARBONO EM VIGAS.....	37
FIGURA 2-11 – ESTRUTURA CARBONATADA.....	38
FIGURA 2-12 – DELAMINAÇÃO EM PISO DE CONCRETO.....	39
FIGURA 2-13 – TIPOLOGIA DE JUNTAS EM PONTES.....	40
FIGURA 2-14 – MANIFESTAÇÃO DE PATOLOGIA EM JUNTAS EX.1.....	40
FIGURA 2-15 – MANIFESTAÇÃO DE PATOLOGIA EM JUNTAS EX. 2.....	41
FIGURA 2-16 – OBSTRUÇÃO DA GALERIA PLUVIAL, VIADUTO TIRADENTES.....	41
FIGURA 2-17 – DESEMPENHO DA VIDA ÚTIL DE CONCRETO.....	42
FIGURA 2-18 – ESQUEMA DE REALCALINIZAÇÃO ELETROQUÍMICA.....	44
FIGURA 2-19 – ESQUEMA DA EXTRAÇÃO ELETROQUÍMICA DE CLORETOS.....	45
FIGURA 2-20 – ESTIMATIVA DE ERRO VS. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	49
FIGURA 2-21 – TEORIA DAS FAIXAS DE PRODUTIVIDADE.....	50
FIGURA 2-22 – ETAPAS DO MÉTODO PARA ELABORAÇÃO DE REDES DE COMPOSIÇÕES.....	55

FIGURA 3-1 –	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	57
FIGURA 3-2 –	ETAPAS DA PESQUISA.....	57
FIGURA 3-3 –	MÉTODO DE RSL.....	58
FIGURA 3-4 –	ORGANIZAÇÃO EAP.....	60
FIGURA 3-5 –	SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DA TÉCNICA DELPHI.....	62
FIGURA 4-1 –	FLUXOGRAMA BASE.....	70
FIGURA 4-2 –	FLUXOGRAMA - EFLORESCÊNCIA.....	71
FIGURA 4-3 –	FLUXOGRAMA - CORROSÃO.....	73
FIGURA 4-4 –	FLUXOGRAMA - FISSURAS.....	77
FIGURA 4-5 –	FLUXOGRAMA - DESPLACAMENTO.....	80
FIGURA 4-6 –	FISSURAS NO TABULEIRO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO COM LÁTEX MODIFICADO.....	86
FIGURA 4-7 –	UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PARA A SELAGEM DAS FISSURAS.....	86
FIGURA 4-8 –	CRIAÇÃO DE COMPOSIÇÕES.....	88
FIGURA 4-9 –	COMPOSIÇÃO - PINTURA HIDROFUGANTE.....	89
FIGURA 4-10 –	CONSUMO DE SELAGEM DE FISSURAS.....	89
FIGURA 4-11 –	SELAGEM DE FISSURAS.....	90



## LISTA DE TABELAS

TABELA 2-1 – BUSCA SEM FILTROS APLICADOS.....	21
TABELA 2-2 – BUSCA COM FILTROS: TÍTULO, PALAVRAS-CHAVES E RESUMO.....	21
TABELA 2-3 – REVISTAS SELECIONADAS.....	22

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2-1 – PREVISÃO DE PONTES COM NECESSIDADE DE REPARO ESTRUTURAL.....	31
GRÁFICO 4-1 – PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS VERIFICADAS EM PUBLICAÇÕES.....	64
GRÁFICO 4-2 – RESULTADO DAS FONTES DE COMPOSIÇÕES.....	83
GRÁFICO 4-3 – CONSTANTES DE CONSUMO DE MÃO DE OBRA.....	84

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 2-1 – REALCALINIZAÇÃO ELETROQUÍMICA.....	44
QUADRO 2-2 – EXTRAÇÃO ELETROQUÍMICA DE CLORETOS.....	46
QUADRO 2-3 – NÍVEIS DE DETALHAMENTO DE ORÇAMENTOS.....	48
QUADRO 2-4 – INFORMAÇÕES QUE DEVEM COMPOR UMA CPU, DE ACORDO COM A NBR 12721.....	53
QUADRO 2-5 – MODELO DE COMPOSIÇÃO.....	54
QUADRO 4-1 – FONTES UTILIZADAS PARA CLASSIFICAÇÃO.....	65
QUADRO 4-2 – CLASSIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	66
QUADRO 4-3 – SOLUÇÕES DE REPARO.....	67
QUADRO 4-4 – CRITÉRIOS E VANTAGENS DE SOLUÇÕES DE REPARO.....	68
QUADRO 4-5 – PROBLEMAS VS. MÉTODO DE REPARO.....	69
QUADRO 4-6 – EAP LIXIVIAÇÃO E EFLORESCÊNCIA.....	72
QUADRO 4-7 – EAP 1 - CORROSÃO.....	74
QUADRO 4-8 – EAP 2 - CORROSÃO POR CARBONATAÇÃO.....	75
QUADRO 4-9 – EAP 3 - CORROSÃO POR CLORETOS.....	76
QUADRO 4-10 – EAP FISSURAS FLEXÍVEIS.....	78
QUADRO 4-11 – EAP FISSURAS RÍGIDAS.....	79
QUADRO 4-12 – EAP FISSURAS MAPEADAS.....	79
QUADRO 4-13 – EAP FISSURAS COM DIFICULDADE DE ACESSO.....	79
QUADRO 4-14 – EAP DESPLACAMENTO.....	81
QUADRO 4-15 – PRODUTOS RELACIONADOS.....	87

## LISTA DE SIGLAS

AASHTO	– <i>American Association of State Highways and Transportation</i>
CPU	– Composição de Preço Unitário
CUB	– Custo Unitário Básico
DNIT	– Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DER	– Departamento de Estradas de Rodagem
DERSA	– Desenvolvimento Rodoviário S.A.
EAP	– Estrutura Analítica de Partição
EMEA	– Escritório Modelo de Engenharia Civil
FHWA	– <i>Federal Highways Administration</i>
IPR	– Instituto de Pesquisas Rodoviárias
OAE	– Obra de Arte Especial
PPGECC	– Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil
RM	– <i>Rehabilitation Maintenance</i>
RSL	– Revisão Sistemática da Literatura
TCPO	– Tabela de Composições de Preços para Orçamentos
TCU	– Tribunal de Contas da União
UFPR	– Universidade Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Objetivo geral.....	17
1.1.2	Objetivos específicos.....	17
1.2	JUSTIFICATIVA.....	17
1.2.1	Limitações da pesquisa.....	19
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	19
<b>2</b>	<b>REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL)</b> .....	21
2.1	PONTES E VIADUTOS.....	23
2.1.1	Conceitos gerais.....	23
2.1.2	Elementos constituintes das pontes e viadutos.....	23
2.1.3	Classificação das pontes e viadutos.....	24
2.2	VIDA ÚTIL EM ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	24
2.3	MANUTENÇÃO EM PONTES E VIADUTOS.....	26
2.3.1	Inspeções em pontes e viadutos.....	28
2.3.2	Inspeções realizadas no Brasil.....	29
2.4	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS.....	30
2.5	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS DE CONCRETO ARMADO.....	31
2.5.1	Lixiviação e eflorescência.....	31
2.5.2	Corrosão.....	33
2.5.2.1	Corrosão de armaduras por carbonatação.....	33
2.5.2.2	Corrosão de armaduras por ataque de cloretos.....	34
2.5.3	Fissuras em pavimentos rígidos / tabuleiros.....	35
2.5.4	Fissuras em estruturas de concreto.....	36
2.5.5	Carbonatação.....	38
2.5.6	Delaminação.....	38
2.5.7	Juntas em pontes e viadutos.....	39
2.5.8	Drenagem deficiente.....	41
2.6	PROTEÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO...	42
2.6.1	Materiais utilizados na recuperação de estruturas de concreto.....	42
2.7	MÉTODOS DE REABILITAÇÃO NÃO TRADICIONAIS.....	43
2.7.1	Método de realcalinização.....	43

2.7.2	Extração eletroquímica de cloretos.....	45
2.8	ORÇAMENTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	46
2.8.1	Grau de detalhamento de orçamentos.....	47
2.8.2	Índices e produtividade.....	50
2.8.3	Faixas de produtividade.....	50
2.8.4	Métodos de orçamentação.....	51
2.8.4.1	Método de correlação.....	52
2.8.4.2	Método da quantificação.....	52
2.8.4.3	Redes de composição de custos.....	54
<b>3</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>56</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	56
3.2	ETAPAS DA PESQUISA.....	57
3.2.1	Etapa 1 – Revisão bibliográfica.....	58
3.2.2	Etapa 2 – Classificação das principais manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto armado.....	59
3.2.3	Etapa 3 – Métodos de reparo.....	60
3.2.4	Etapa 4 – Elaboração das EAPs e seleção das composições de custos.....	60
3.2.4.1	Seleção das composições de custos.....	61
3.2.5	Etapa 5 – Técnica Delphi.....	62
3.2.6	Etapa 6 – Análise dos resultados.....	63
3.2.7	Etapa 7 – Conclusões.....	63
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>64</b>
4.1	PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS DE CONCRETO ARMADO.....	64
4.2	ELABORAÇÃO DAS EAPs E SELEÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS.....	67
4.2.1	Premissas para elaboração da EAP.....	69
4.2.2	Lixiviação e eflorescência.....	70
4.2.3	Corrosão.....	73
4.2.4	Fissuras.....	76
4.2.5	Desplacamento do tabuleiro.....	80
4.3	QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DELPHI.....	81
4.3.1	Considerações dos especialistas.....	81
4.3.1.1	Criação das composições de custos.....	82

4.4	REVISÕES E CONSIDERAÇÕES ADOTADAS APÓS A APLICAÇÃO DO MÉTODO DELPHI.....	85
4.5	QUADRO DE PRODUTOS.....	86
4.6	COMPOSIÇÕES DE CUSTOS DA EAP.....	87
4.7	COMPOSIÇÃO PINTURA HIDROFUGANTE – EXEMPLO 1.....	88
4.8	COMPOSIÇÃO SELAGEM DE FISSURAS – EXEMPLO 2.....	89
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>91</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>93</b>
	<b>APÊNDICE 1 – USO DE BACTÉRIAS PARA REPARO DE FISSURAS.....</b>	<b>100</b>
	<b>APÊNDICE 2 – SELAGEM DE FISSURAS.....</b>	<b>101</b>
	<b>APÊNDICE 3 – DELIMITAÇÃO DE ÁREA.....</b>	<b>102</b>
	<b>APÊNDICE 4 – LIMPEZA DAS ARMADURAS [m].....</b>	<b>103</b>
	<b>APÊNDICE 5 – CURA DO MATERIAL.....</b>	<b>104</b>
	<b>APÊNDICE 6 – ENSAIO DE CARBONATAÇÃO.....</b>	<b>105</b>
	<b>APÊNDICE 7 – ESTABELECIMENTO DE CONEXÕES ELÉTRICAS.....</b>	<b>106</b>
	<b>APÊNDICE 8 – INSTALAÇÃO DE ÂNODO.....</b>	<b>107</b>
	<b>APÊNDICE 9 – COLOCAÇÃO DE FIBRA DE CELULOSE COM SOLUÇÃO ALCALINA.....</b>	<b>108</b>
	<b>APÊNDICE 10 – REMOÇÃO DE ÂNODO EXTERNO.....</b>	<b>109</b>
	<b>APÊNDICE 11 – COLOCAÇÃO DE FIBRA DE CELULOSE COM ÁGUA TRATADA.....</b>	<b>110</b>
	<b>APÊNDICE 12 – ABERTURA DE CAVIDADE SUPERFICIAL.....</b>	<b>111</b>
	<b>APÊNDICE 13 – APLICAÇÃO DE CONCRETO COM LÁTEX.....</b>	<b>112</b>
	<b>APÊNDICE 14 – MONITORAMENTO DE CORRENTE.....</b>	<b>113</b>
	<b>APÊNDICE 15 – TESTE DE PERCUSSÃO.....</b>	<b>114</b>
	<b>APÊNDICE 16 – LIMPEZA SUPERFICIAL OU LIMPEZA DO SUBSTRATO POR LIXAMENTO ELÉTRICO.....</b>	<b>115</b>
	<b>APÊNDICE 17 – APLICAÇÃO DE HIDROFUGANTE.....</b>	<b>116</b>
	<b>APÊNDICE 18 – REMOÇÃO DO CONCRETO DETERIORADO.....</b>	<b>117</b>
	<b>APÊNDICE 19 – PROTEÇÃO DAS ARMADURAS COM TINTAS DE ALTO TEOR DE ZINCO.....</b>	<b>118</b>
	<b>APÊNDICE 20 – APLICAÇÃO DE PONTE DE ADERÊNCIA.....</b>	<b>119</b>
	<b>APÊNDICE 21 – PREENCHIMENTO DE CAVIDADE.....</b>	<b>120</b>

<b>APÊNDICE 22 – APLICAÇÃO DE PROTEÇÃO SUPERFICIAL.....</b>	<b>121</b>
<b>APÊNDICE 23 – LIMPEZA DO SUBSTRATO COM UTILIZAÇÃO DE SOLVENTES VOLÁTEIS.....</b>	<b>122</b>
<b>APÊNDICE 24 – LIMPEZA DO SUBSTRATO COM JATO DE AR COMPRIMIDO.....</b>	<b>123</b>
<b>APÊNDICE 25 – EXECUÇÃO DE FUROS E INSTALAÇÃO DE ANCORAGEM QUÍMICA.....</b>	<b>124</b>
<b>APÊNDICE 26 – TRATAMENTO DE MICROFISSURAS POR SILICATAÇÃO.....</b>	<b>125</b>
<b>APÊNDICE 27 – REPARO DE ARMADURAS CORROÍDAS POR AÇÃO DE CLORETOS COM ARGAMASSA OU CONCRETO COM ADIÇÃO DE INIBIDORES DE CORROSÃO.....</b>	<b>126</b>
<b>APÊNDICE 28 – REPARO EM BORDAS DE JUNTAS.....</b>	<b>127</b>
<b>APÊNDICE 29 – INJEÇÃO DE FISSURAS COM GRAUTE EPÓXI EM ABERTURAS DE 10MM A 70MM DE ESPESSURA.....</b>	<b>128</b>
<b>APÊNDICE 30 – CORTE EM CONCRETO PARA PASSAGEM DE TUBULAÇÃO.....</b>	<b>129</b>
<b>APÊNDICE 31 – CONCRETAGEM EM PLACAS.....</b>	<b>130</b>
<b>APÊNDICE 32 – APLICAÇÃO DE MATERIAL VEDANTE, MASTIQUE ELÁSTICO DE CONSISTÊNCIA PASTOSA.....</b>	<b>131</b>
<b>APÊNDICE 33 – COMPOSIÇÃO INJEÇÃO DE FISSURAS.....</b>	<b>132</b>
<b>APÊNDICE 34 – LIMPEZA DE SARJETA E MEIO-FIO.....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXO – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO FORNECIDO PELO EMEA....</b>	<b>134</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O discernimento da necessidade de manutenção existe desde o surgimento das primeiras grandes civilizações, sendo importante tanto para a conservação da vida humana como para suas obras. No entanto, o governo brasileiro demonstrou nas últimas décadas uma incapacidade de estabelecer um planejamento de gestão de manutenção e conservação da infraestrutura do país, o que acelerou a degradação da maioria das obras de arte especiais (BRASIL, 2011).

As obras de recuperação tornam-se cada vez mais necessárias para garantir a segurança das construções e a conservação do patrimônio brasileiro. A determinação dos gastos necessários é o primeiro passo para iniciar as recuperações.

O Tribunal de Contas da União (TCU) realizou, em 2011, uma auditoria operacional no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), e uma das conclusões foi a falta de um planejamento adequado voltado para a manutenção e recuperação das pontes e viadutos (BRASIL, 2011).

Uma das primeiras etapas para a realização de um planejamento eficiente é a determinação dos custos do projeto. A discriminação clara dos trabalhos de recuperação e reforço é essencial na hora de estabelecer responsabilidades de execução, operação e manutenção de uma estrutura (HUSNI, 2013).

Ocorrem variações significativas entre os indicadores de consumo utilizados nas composições de custos, consideradas na fase de orçamentos, e o efetivo consumo dos insumos durante a execução (ALVES; ARAÚJO, 2010).

É fundamental, para a diminuição de erros de orçamento na construção civil, aprimorar os bancos de dados de composições orçamentárias através de levantamentos ou de revisões de literatura (MARCHIORI, 2009).

Nesse contexto, esta dissertação procurou responder à seguinte pergunta de pesquisa: Como elaborar uma estrutura analítica de partição (EAP) para recuperação das principais manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto armado?

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa foi elaborar uma estrutura analítica de partição (EAP), organizando de maneira sistemática procedimentos de recuperação das principais manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto armado com vistas a aprimorar a elaboração de orçamentos.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos definidos foram:

- Classificar as principais manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto armado.
- Apresentar os procedimentos para reparo das manifestações classificadas.
- Apresentar composições de custos para os métodos e procedimentos de reparo das referidas manifestações.
- Apresentar indicações de produtos específicos para obras de manutenção e recuperação.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

São frequentes, em noticiários, os transtornos causados à sociedade pela falta de manutenção das pontes e viadutos. Um exemplo é o colapso da ponte sobre a represa do Capivari-Cachoeira, FIGURA , na BR-116, que desabou em 2005 na região do Paraná, ocasionando a morte de um motorista de caminhão (NAKAMURA, 2005).

FIGURA 1-1– ACIDENTE NA PONTE SOBRE A REPRESA DO CAPIVARI-CACHOEIRA



FONTE: NAKAMURA (2005).

No Brasil, as obras de arte especiais distribuem-se por uma malha rodoviária superior a 50.000 km de extensão, totalizando mais de 4.469 unidades. Segundo dados do Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), o valor médio do metro quadrado de construção de pontes é de R\$ 4.500,00 (BRASIL, 2011). Utilizando esse dado, pode-se estimar o conjunto das obras de arte das rodovias federais como um patrimônio da ordem de R\$ 13 bilhões.

Uma significativa parcela desse patrimônio apresenta problemas patológicos decorrentes de falta de manutenção. Os governos federal, estadual e municipal vêm conduzindo iniciativas para melhorar a gestão de recuperação e conservação dessas obras de arte, porém até o momento são pouco representativas perante a magnitude e relevância da questão (VITÓRIO, 2006).

Em 2012, o TCU realizou uma auditoria operacional no DNIT, com o objetivo de levantar a situação das obras de arte especiais das rodovias federais e identificar as ações adotadas relativas à manutenção e conservação dessas estruturas. Uma das conclusões foi que falta um programa de inspeções rotineiras que permita a atualização do referido banco de dados e, conseqüentemente, um planejamento adequado das ações de manutenção e recuperação.

A avaliação de uma decisão reconfigura o processo de gestão, ou seja, uma decisão tomada pode gerar como consequência outras decisões até a resolução do problema. Quanto maior a confiabilidade das informações, mais racional será o

processo. A racionalidade e intuição combinam-se no processo de decisão (MAXIMIANO, 2011).

A lei de evolução dos custos, proposta por Sitter (1984 apud Helene 1997), revela que eles crescem segundo uma progressão geométrica de razão cinco. De acordo com Husni (2013), o tempo de espera para uma intervenção torna o serviço mais complicado e oneroso.

Aprimorar a confiabilidade de orçamentos para a recuperação de obras especiais contribuirá com a gestão dessas reformas. Com a gestão orçamentária de manutenção de pontes e viadutos apurada, o tempo para iniciar a execução dos reparos será reduzido. Dessa forma, os custos serão menores, assim como os impactos negativos à sociedade pela interdição ou colapso de uma obra de arte especial (OAE).

### 1.2.1 Limitações da pesquisa

A presente dissertação se limita a analisar pontes e viadutos em concreto armado, não relacionando as composições de serviços necessárias para recuperação de outros tipos de estruturas.

Estabeleceu-se como limitação da pesquisa analisar as frequentes manifestações patológicas verificadas em pontes e viadutos de concreto armado. Para as soluções de recuperação de corrosão propostas neste trabalho, as barras de aço não poderão ter perdas de seção superior a 20%. Nessa situação, as recuperações necessitam de um projeto específico.

É importante ressaltar que, para a execução de qualquer recuperação em uma obra de arte, é necessário incluir no orçamento os custos indiretos, que não foram considerados neste trabalho.

### 1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada conforme os seguintes capítulos:

- No Capítulo 1, é apresentada uma introdução com o problema, o objetivo básico, os específicos e a justificativa da pesquisa.

- No Capítulo 2, é exposto o referencial teórico, através de uma revisão sistemática. Nele se classificam as principais manifestações patológicas em pontes de concreto armado, métodos de reparo, métodos de orçamento e composições de custos.
- No Capítulo 3, é descrita a metodologia adotada, sua caracterização e as etapas da pesquisa para se atingir o objetivo principal.
- No Capítulo 4, são apresentados os resultados dos levantamentos realizados nas etapas anteriores da pesquisa, os quais foram detalhados ao longo do Capítulo 2.
- O Capítulo 5, Considerações finais, resume os dados obtidos e os experimentos realizados durante as etapas da pesquisa.

## 2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL)

A busca por trabalhos acadêmicos foi realizada inicialmente sem a aplicação de filtros, com o objetivo de verificar a dimensão da quantidade de trabalhos acadêmicos publicados na área. A TABELA ilustra o número de trabalhos encontrados na primeira análise.

TABELA 2-1 – BUSCA SEM FILTROS APLICADOS

PESQUISA - PALAVRAS-CHAVES	NÚMERO DE TRABALHOS ENCONTRADOS				
	CAPESES	WEB Of SCIENCE	SCIELO	SCIENCE DIRECT	TOTAL
Concrete bridges, problems	242	1.435	2	34.904	36.583
Concrete bridges, repair	416	127	0	8.441	8.984
Concrete bridges, rehabilitation	166	24	1	3.236	3.427
Concrete bridges, maintenance	389	1.337	3	11.567	13.296
Concrete bridges, inspection	203	1	1	7.606	7.811
Concrete bridges, assessment	396	9	5	16.092	16.502
Seleção - Sem Filtros	1.812	2.933	12	81.846	86.603

FONTE: O autor (2017).

A grande quantidade de trabalhos encontrados gerou a necessidade de revisar o método planejado. Com o intuito de aperfeiçoar e ao mesmo tempo reduzir a quantidade de pesquisas encontradas, optou-se por aplicar filtros. As buscas prosseguiram com filtros limitados no título, palavras-chaves e resumo. Após a aplicação dos filtros, foram encontrados 1.443 trabalhos, conforme apresentado na TABELA .

TABELA 2-2 – BUSCA COM FILTROS: TÍTULO, PALAVRAS-CHAVES E RESUMO

PESQUISA - PALAVRAS-CHAVES	NÚMERO DE TRABALHOS ENCONTRADOS				
	CAPESES	WEB Of SCIENCE	SCIELO	SCIENCE DIRECT	TOTAL
Concrete bridges, problems	3	11	2	195	211
Concrete bridges, repair	20	200	0	140	360
Concrete bridges, rehabilitation	11	41	3	77	132
Concrete bridges, maintenance	16	39	3	97	155
Concrete bridges, inspection	12	62	1	62	137
Concrete bridges, assessment	70	194	5	179	448
Seleção - Busca em Título, Resumo e Palavras-Chaves	132	547	14	750	1.443

FONTE: O autor (2017).

Seguindo o planejamento, com as buscas baseadas no título do artigo e nas palavras-chaves, avançou-se na revisão com a leitura dos resumos. Foram descartados os temas que não apresentavam evidências relevantes para a pesquisa, através da seleção dos artigos. Nessa fase, foram escolhidos 96 artigos de 48 revistas diferentes, apresentados na TABELA .

Os artigos foram selecionados em duas situações distintas: a primeira quando apresentavam evidências que relacionavam problemas patológicos, tais como

fissuras, rachaduras, corrosão, lixiviação, delaminação, deslocamento, presença de cloretos, numerando-se os casos apresentados em um banco de dados, e a segunda quando apresentavam qualquer tipo de solução, como reparo em pontes e viadutos de concreto.

TABELA 2-3 – REVISTAS SELECIONADAS

Revistas	Artigos Seleccionados	%
Construction and Building Materials	12	13%
Composite Structures	10	11%
Engineering Structures	6	6%
Composites Part B-Engineering	5	5%
Transportation Research Record	4	4%
Computer & Structures	4	4%
ACI Structural Journal	3	3%
Cement and Concrete Research	3	3%
Cement and Concrete Composites	3	3%
NDT&E International Journal	3	3%
Advances in Engineering Software	2	2%
Baltic Journal of Road and Bridge Engineering	2	2%
Composites Part A	2	2%
Evolving Technologies for the Competitive Edge, Books 1 and 2	2	2%
International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete	2	2%
Procedia Engineering	2	2%
International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS)	2	2%
Materials Characterization	2	2%
Scientia Iranica	1	1%
Structure and Infrastructure Engineering	1	1%
Advanced Composite Materials	1	1%
Advances In Structures, Pts 1-5	1	1%
Building and Environment	1	1%
Canadian Journal of Civil Engineering	1	1%
Computer-aided Civil and Infrastructure Engineering	1	1%
Computers and Concrete	1	1%
Corrosion Science	1	1%
Expert Systems with Applications	1	1%
International Journal of Concrete Structures and Materials	1	1%
International Journal Adhesion and Adhesives	1	1%
International Biodeterioration & Biodegradation	1	1%
Journal of Composites for Construction	1	1%
Journal of Infrastructure Systems	1	1%
Journal of materials in Civil Engineering	1	1%
Journal of Structural Engineering-asce	1	1%
Journal of Materials Processing Technology	1	1%
Materials and Process Challenges: Aging Systems, Affordability, Alternative Applications.	1	1%
Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings	1	1%
Physica C	1	1%
Progress in Safety Science and Technology, Vol. Viii, Pts A and B	1	1%
Revista Ingeniería de Construcción	1	1%
Progress in Structural Engineering and Materials	1	1%
Structural Engineering International	1	1%
Structural Engineering, Mechanics and Computation	1	1%
The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete	1	1%
European Journal of Operation Research	1	1%

FONTE: O autor (2017).

Dos artigos seleccionados, foram extraídas, para a criação do banco de dados, informações como o nome da revista e dos autores, ano de publicação, título, tipos de manifestação e/ou solução de recuperação, ressaltando-se que o objetivo principal era identificar nos artigos relacionados a solução de reparo e os problemas verificados em pontes e viadutos de concreto armado.

## 2.1 PONTES E VIADUTOS

### 2.1.1 Conceitos gerais

A denominação *obras de arte* foi inicialmente utilizada para as estruturas construídas com o objetivo de transpor obstáculos. Essa denominação surgiu porque tais obras eram realizadas com base no empirismo e criatividade de seus idealizadores, o que as levava à condição de trabalhos de arte.

Denomina-se *ponte* a obra especial que tem como objetivo a transposição de obstáculos de uma via, tais como rios, braços de mar, vales profundos ou outras vias. Quando a ponte é destinada à transposição de vales, outras vias ou obstáculos em geral não constituídos por água, ela é, comumente, denominada viaduto (PFEIL, 1993).

A Norma DNIT 010/2004 (2004) define ambos como estrutura construída sobre uma depressão ou uma obstrução – por exemplo, água, rodovia ou ferrovia –, que possui uma pista para passagem de veículos e outras cargas móveis e tem um vão livre, medido ao longo do eixo da rodovia, de mais de seis metros.

De acordo com Pfeil (1993), apesar da tradição da denominação entre pontes e pontilhões, não existe distinção entre os procedimentos de projeto e a construção.

### 2.1.2 Elementos constituintes das pontes e viadutos

As pontes e viadutos podem ser divididos em três partes principais: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura (PFEIL, 1993). A FIGURA ilustra os principais elementos constituintes de uma ponte.

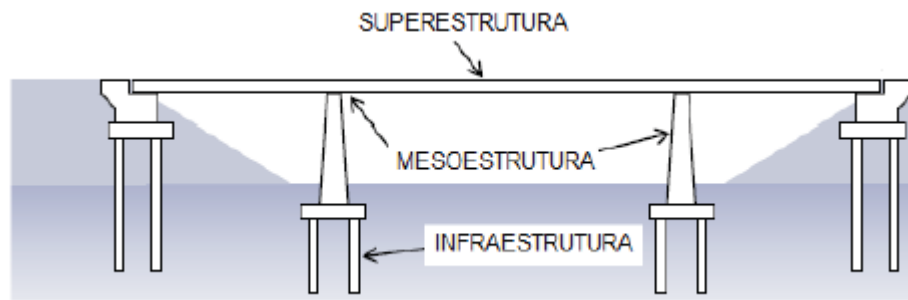
A infraestrutura ou fundação é a parte da ponte responsável pela transmissão dos esforços recebidos da mesoestrutura pelo terreno de implantação da obra, rocha ou solo.

A mesoestrutura tem a função de transmitir os esforços recebidos da superestrutura pela infraestrutura, em conjunto com os esforços recebidos de outras solicitantes, tais como pressão de água e vento.

A superestrutura, composta geralmente por lajes e vigas, é o elemento de suporte imediato do estrado e constitui a parte útil da obra, sob o ponto de vista de sua finalidade



FIGURA 2-1 – VISÃO GERAL - IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS



FONTE: PFEIL (1993).

### 2.1.3 Classificação das pontes e viadutos

De acordo com PFEIL (1993), as pontes e viadutos podem ser classificadas quanto ao material, finalidade estrutural, tempo de utilização, rigidez ou mobilidade do estado.

A maneira mais comum observada em trabalhos relacionados com modelagem de custos em pontes é a classificação quanto ao material utilizado na construção (ESTES; FRANGOPOLO, 2001; YEHIA et al., 2008; ZHANG et al., 2015; BASHEER; CHIDIAC; LONG, 1996). Para a realização desta pesquisa, optou-se pela classificação quanto ao material, limitando-o a pontes e viadutos de estruturas de concreto armado.

## 2.2 VIDA ÚTIL EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

O consumo do concreto atualmente é estimado em 19 bilhões de toneladas métricas ao ano. As principais razões para o uso do concreto estrutural são a excelência da resistência do concreto à água, facilidade de modelagem, grande disponibilidade e baixo custo (METHA; MONTEIRO, 2014).

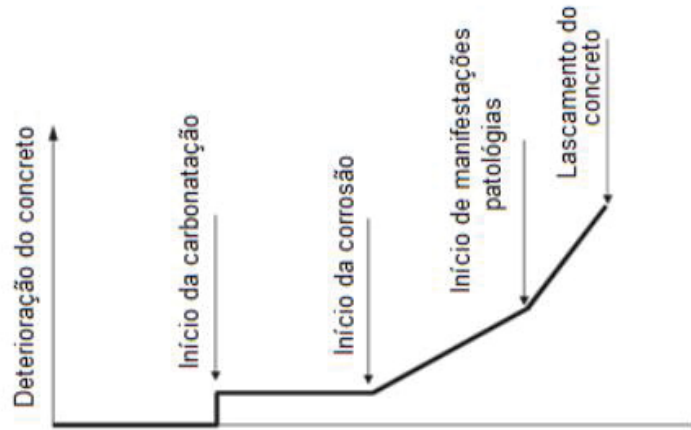
A vida útil de uma construção pode ser definida pelo tempo em que suas propriedades importantes estão de acordo com os níveis recomendados de desempenho e aparência. Para que isso seja possível, a manutenção preventiva deve ser executada conforme especificado no projeto (HELENE, 1997).

A deterioração precoce das estruturas de concreto impulsionou estudos detalhados de sintomas patológicos. A homogeneização de conceitos e métodos foi

fundamental para o desenvolvimento da área de patologia das estruturas (CUSTÓDIO, 1998).

A FIGURA ilustra o processo de deterioração do concreto ao longo do tempo.

FIGURA 2-2 – PROCESSO DE DETERIORAÇÃO DO CONCRETO



FONTE: Adaptado de EL-REEDY (2009).

Os fenômenos de degradação nas estruturas em concreto, de acordo com Branco, Paulo e Garrido (2013), estão associadas à:

- corrosão de armaduras após a perda da proteção química devido à carbonatação do concreto;
- corrosão de armaduras após a perda da proteção química devido ao ataque de cloretos;
- degradação do concreto por ação do gelo/degelo;
- degradação do concreto por sais químicos agressivos;
- degradação do concreto por reações álcali-sílicas.

Os sistemas de gestão integrada são utilizados para manter as estruturas de concreto em condições seguras ao longo de sua vida útil. Esses sistemas necessitam de um processo contínuo sintetizado (EL-REEDY, 2009).

A FIGURA ilustra esse processo por meio do desenvolvimento de planos e cronogramas, da definição do monitoramento (registro), da estratégia e inspeção através de uma garantia de assistência técnica e, por último, da atualização dos planos e cronogramas.

FIGURA 2-3 – SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADA



FONTE: EL-REEDY (2009).

Esta pesquisa se enquadra em dois pontos do sistema de gestão: no plano de manutenção, por objetivar a criação de uma EAP orçamentária, e na ampliação e melhoria do banco de dados disponível para manutenção de pontes e viadutos de concreto armado.

### 2.3 MANUTENÇÃO EM PONTES E VIADUTOS

O propósito da realização de manutenção em uma ponte é garantir ou prolongar a vida útil da estrutura, protegendo-a contra a degradação. Para garantir a segurança de uma ponte, é necessário realizar inspeções regulares detalhadas, com o objetivo de gerenciar os serviços de manutenção (YEHIA et al., 2008).

De acordo com Chassiakos, Vagiotas, Theodorakopoulos (2005), a gestão de manutenção de uma ponte envolve a priorização de serviços de recuperação, que podem estar associados a diversos fatores, como, por exemplo:

- avaliação do estado da ponte;
- avaliação da capacidade de carga;
- determinação de tratamentos disponíveis e verificação do custo-benefício entre vida útil e custo;
- previsão de deterioração;
- decisão de alocação de recursos;
- desenvolvimento de sistemas de informação para manutenção.

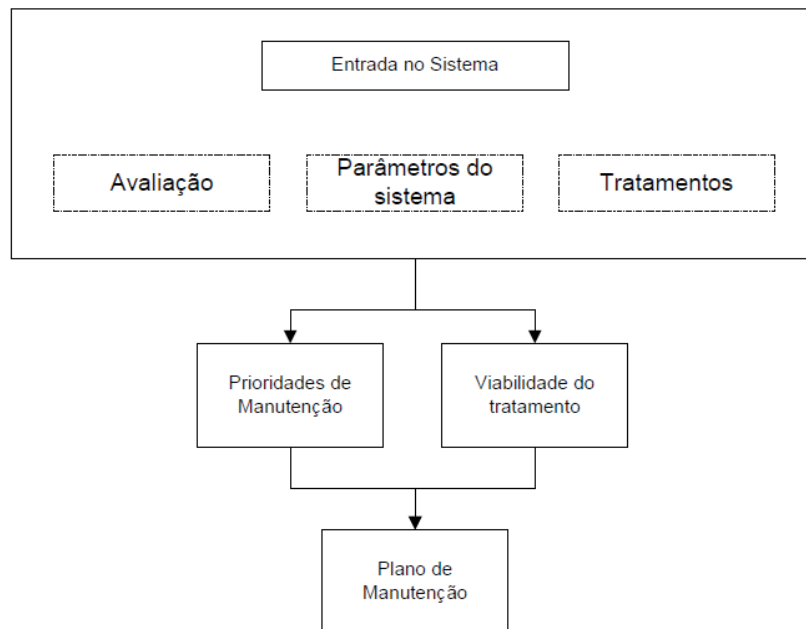
O sistema integrado de manutenção das pontes e viadutos aplicado em países na Europa determina as prioridades para manutenção de pequeno, médio e

longo prazo. A aplicação desse tipo de sistema facilita as tomadas de decisão, porque gera previsões da vida útil da estrutura e custos de manutenção (ROSTAM, 1989).

As prioridades de manutenção podem ser definidas através de sistema multicritério, com o objetivo de se realizar uma análise qualitativa e quantitativa das estruturas. A FIGURA apresenta um sistema multicritério.

Políticas novas de contratos de manutenção tiveram resultados positivos em relação às tradicionais nos Estados Unidos e Europa. Os contratos *rehabilitation / maintenance* (RM) vinculam a manutenção ao longo da vida útil à construtora responsável pela execução da obra, estimulando a manutenção preventiva (ANASTASOPOULOS et al., 2010).

FIGURA 2-4 – SISTEMA MULTICRITÉRIO



FONTE: Adaptado de CHASSIAKOS; VAGIOTAS; THEODORAKOPOULOS (2005).

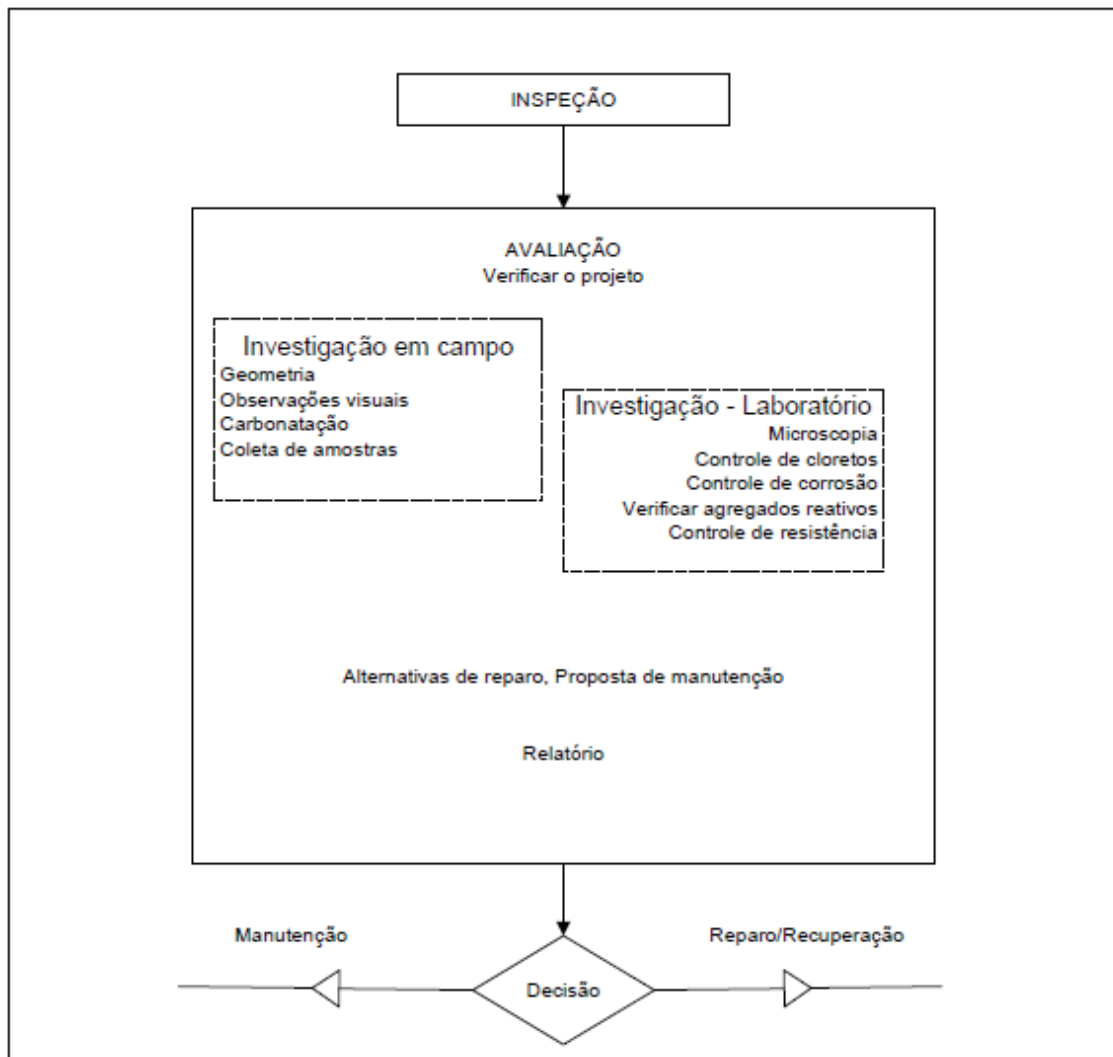
O resultado desta pesquisa poderá auxiliar na otimização de um sistema de gerenciamento de manutenção de obras especiais, com características similares a proposta multicritério ilustrada na FIGURA .

### 2.3.1 Inspeções em pontes e viadutos

As inspeções em pontes e viadutos devem ser realizadas periodicamente, respeitando intervalos regulares de no máximo três anos. Os dados extraídos devem ser organizados em um banco de dados (ROSTAM, 1989).

Um dos objetivos da realização das inspeções é servir de suporte para a tomada de decisão, conforme processo ilustrado na FIGURA .

FIGURA 2-5 – PROCESSO DE SUPORTE DE DECISÃO



FONTE: Adaptado de ROSTAM (1989).

Os procedimentos de inspeção em pontes e viadutos de concreto armado e protendido, no Brasil, estão prescritos pela Norma DNIT 010/2004-PRO e pela NBR-9452/2012.

A Norma DNIT 010/2004 (2004) divide a ponte a ser inspecionada por tipo da estrutura, sistema construtivo e natureza da transposição.

A organização dos Estados Unidos responsável pela manutenção das pontes e viadutos do país, *Federal Highways Administration* (FHWA), desenvolveu juntamente com a *American Association of State Highways and transportation* (AASHTO) um software chamado PONTIS, que fornece uma verificação da deterioração das estruturas, identificando pontes e viadutos a serem reparados e reabilitados.

Esse sistema específico de gestão aborda diferentes tipos de estruturas. A seguir foram listados alguns fatores relevantes para o gerenciamento proposto pela FHWA e AASHTO:

- identificação da estrutura;
- condição da via;
- condições do ambiente;
- importância da estrutura;
- condição da estrutura;
- idade da estrutura.

### 2.3.2 Inspeções realizadas no Brasil

Entre as 40 pontes e viadutos vistoriados no Nordeste do país, 50% apresentavam um risco médio e 47,5% um risco alto e crítico, necessitando intervenções imediatas. Outro importante aspecto a ser comentado é que 52,50% das estruturas possuíam mais do que 50 anos de idade, aproximando-se da vida útil funcional (VITÓRIO, 2008).

Laner (2001) realizou um levantamento qualitativo das pontes e viadutos no Município de Porto Alegre e observou que 78% dos viadutos analisados, com idade entre 20 e 30 anos, nunca passaram por manutenção preventiva. Entre as pontes com a mesma idade, 99% dos casos apresentaram manifestações patológicas.

Um dos fatores que contribuem para a ocorrência de manifestações patológicas em pontes e viadutos no Brasil é a inexistência de mão de obra qualificada durante a construção e a falta de elaboração de um plano de manutenção preventiva (MILANI; KRIPKA, 2012).

## 2.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS

Depois de um longo período de utilização do concreto, as manifestações patológicas ficaram cada vez mais presentes, o que se contrapõe à ideia inicial de que estruturas de concreto não necessitam de manutenção. Elas ficaram, durante vários anos, sem nenhuma conservação até o aumento de trincas e colapsos. A evidência dessa cultura da falta de manutenção preventiva são os elevados custos para a recuperação de pontes e viadutos de concreto armado. Ao longo do tempo, os custos de reparo, para resgatar a vida útil funcional, apresentam um aumento significativo (EL-REEDY, 2009).

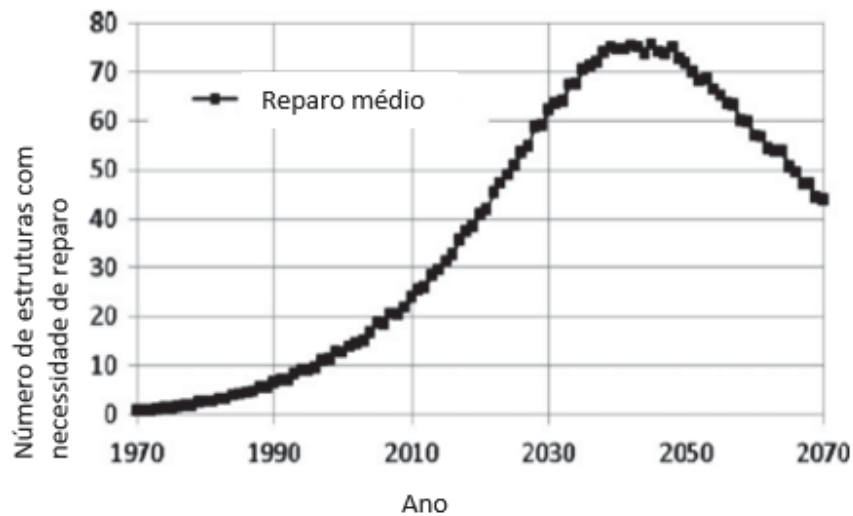
A vida útil funcional, no caso de uma ponte, está essencialmente associada à velocidade e ao volume de tráfego que a estrutura pode suportar (BRANCO; PAULO; GARRIDO, 2013).

Extensivas investigações de campo vêm sendo realizadas, em diversos países, para verificação do nível de degradação das pontes e viadutos (GJØRV, 2009).

Um estudo realizado na Noruega constatou que mais de 50% das 300 pontes e viadutos de concreto existentes ao longo da costa do país possuem manifestações patológicas com necessidade de intervenção (GJØRV, 2009 apud ØSTMOEN, 1993).

Uma dessas pontes de concreto estava com um grau tão alto de corrosão nas armaduras que foi demolida menos de 25 anos após a sua construção (GJØRV, 2009).

Polder, Peelen e Courage (2012), através do método estatístico de Monte Carlo, fizeram uma previsão da quantidade de pontes e viadutos a serem reparados na Holanda. Conforme o GRÁFICO , a tendência é aumentar a necessidade de intervenções até 2040.



FONTE: POLDER; PEELEN; COURAGE (2012).

A falta de monitoramento e manutenção das pontes e viadutos bem como a execução de reparos ineficazes são alguns dos fatores que levam a um constante aumento da necessidade de intervenção (POLDER; PEELEN; COURAGE, 2012).

## 2.5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS DE CONCRETO ARMADO

Nesta seção serão apresentadas as características, a origem e os conceitos de tratamento das principais manifestações patológicas identificadas na RSL para pontes e viadutos de concreto armado.

### 2.5.1 Lixiviação e eflorescência

Ocorrem frequentemente na superfície do concreto quando a água tem a possibilidade de percolar através do material de forma intermitente ou contínua, ou quando uma face exposta sofre o processo de umedecimento e molhagem de forma alterada (HELENE; CASTRO-BORGES, 2005).

Eflorescências formam-se a partir do depósito de sais que são lixiviados para fora do concreto, prejudicando a estética e aumentando a porosidade do concreto. Como consequência, afetam a durabilidade da estrutura (HELENE; CASTRO-BORGES, 2005).



Para a formação dessa manifestação, ocorre a interação entre os sais do concreto e o dióxido de carbono da atmosfera. O sal que se encontra em maior proporção é o carbonato de cálcio (METHA; MONTEIRO, 2014).

Os fenômenos de lixiviação conduzem também à redução do pH do concreto e eventualmente catalisam a formação de novas manifestações patológicas, como por exemplo a corrosão (YEHIA et al., 2008).

O reparo desse problema consiste em eliminar a presença de água na superfície do concreto, impermeabilizando a superfície e selando as fissuras superficiais. Antes do tratamento da superfície do concreto, é fundamental realizar a sua limpeza superficial (YEHIA et al., 2008)

Conforme verificado em vistoria pelo Escritório Modelo de Engenharia Civil (EMEA), FIGURA , a eflorescência pode ser causada pela forma geométrica da estrutura da ponte.

FIGURA 2-6 – FOTO DA VISTORIA DO EMEA



FONTE: EMEA (2015).

Como pode ser observado na FIGURA , o que é respaldado pelos autores Cramer et al. (2002), Yehia et al. (2008) e Marchand; Samson (2009), a forma geométrica da ponte pode catalisar a formação de eflorescência e lixiviação.

## 2.5.2 Corrosão

De acordo com Cascudo (1997), a corrosão pode ser definida como a interação destrutiva de um material com o ambiente, seja por reação química ou eletroquímica, o que implica na inutilização para uso.

No caso do concreto armado, as barras de aço posicionadas em meio ao concreto se deterioram pela destruição da camada passivante existente ao redor da superfície da armadura. Essa camada é resultante da elevada alcalinidade da solução aquosa que existe no concreto e impede a dissolução do ferro (MEDEIROS, 2008).

Os danos causados pela corrosão de armaduras geralmente se manifestam através de fissuras no concreto paralelas à direção do reforço, delaminações e/ou lascamento do cobrimento (GALLAGHER, 1989).

A corrosão pode afetar a capacidade portante dos componentes estruturais, em função da perda da seção das armaduras e da aderência entre o aço e o concreto. A deterioração progressiva das estruturas provoca lascamentos de material, que podem comprometer a segurança das pessoas (HOVER, 1996).

O concreto armado é atingido por dois diferentes processos de corrosão: por carbonatação e por cloretos.

### 2.5.2.1 Corrosão de armaduras por carbonatação

Nesse processo, o concreto sofre redução do pH, devido à reação entre o  $\text{CO}_2$  da atmosfera e a pasta de cimento hidratada. Essa situação é natural e faz parte da vida de uma estrutura de concreto armado. No entanto, em pontes e viadutos, é um dos principais motivos da degradação da estrutura. A falta de proteção e manutenção faz com que a frente de carbonatação atinja o aço e inicie a formação de produtos de corrosão, gerando a fissuração do concreto.

Em pontes e viadutos, observa-se este tipo de manifestação, principalmente nas áreas inferiores do tabuleiro, conforme a FIGURA .

FIGURA 2-7 – CORROSÃO POR CARBONATAÇÃO



FONTE: VITÓRIO (2008).

O procedimento de reparo consiste em remover o concreto carbonatado, reforçar quando necessário a armadura, realcalinizar o concreto e finalmente executar a proteção superficial (MEDEIROS, 2008).

#### 2.5.2.2 Corrosão de armaduras por ataque de cloretos

Pontes localizadas em áreas marinhas estão mais expostas à corrosão por ataque de cloretos. Esse ataque pode ser observado mais frequentemente em pilares nas áreas de respingo e maré (CRAMER et al., 2002).

Ao ocorrer ataque por cloretos na estrutura, é verificado o aumento da condutividade elétrica do concreto e a formação de produtos de corrosão. Nesse processo a produção de tensões internas é mais pontual e, por isso, o reparo é mais localizado que no processo de carbonatação. Durante a execução do reparo, é fundamental a extração eletroquímica de cloretos, a proteção catódica e a proteção superficial do concreto (MEDEIROS, 2008; WEYERS et al., 1993).

Em áreas com o clima muito frio, com neve, é comum o salgamento da pista para facilitar o degelo. Esse hábito gera a corrosão precoce em tabuleiros (CRAMER et al., 2002).

É importante ressaltar que pontes são muitas vezes localizadas em áreas marinhas com agressividade alta. A zona de maré afeta enormemente os pilares durante a sua vida útil, e esse problema potencial deve ser levado em conta durante a elaboração do projeto (EL-REEDY, 2009; ROSTAM, 1989).

Para a reabilitação desse tipo de corrosão, Moreno et al. (2010) propõem três alternativas viáveis, que variam de acordo com o grau de deterioração da estrutura:

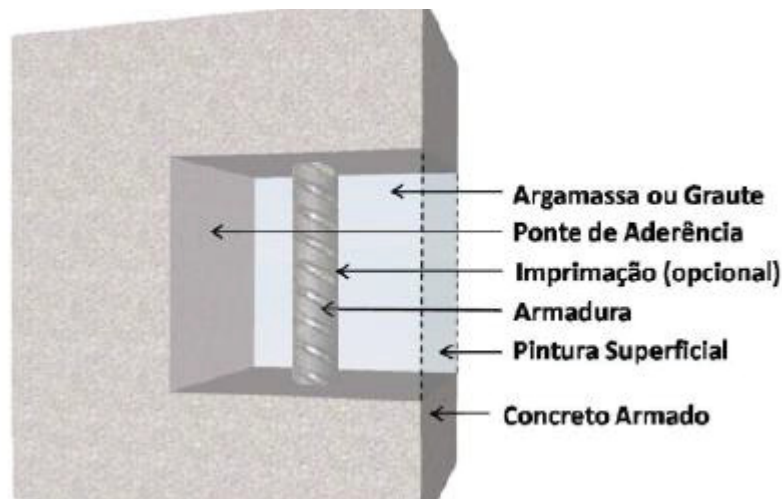
- substituição da armadura e do concreto com proteção catódica;
- substituição do concreto com proteção catódica;
- proteção catódica.

O *Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto* apresenta como correção as seguintes soluções:

- reparo superficial localizado e/ou generalizado;
- reparo profundo localizado e/ou generalizado;
- reforço;
- extração eletroquímica de cloretos;
- proteção catódica – materiais e sistemas;
- proteção superficial do concreto.

A FIGURA , apresentada por Medeiros (2008), ilustra os materiais aplicados durante o reparo dessa manifestação patológica.

FIGURA 2-8 – MATERIAIS APLICADOS PARA REABILITAÇÃO DE CORROSÃO



FONTE: MEDEIROS (2008).

### 2.5.3 Fissuras em pavimentos rígidos / tabuleiros

É importante ressaltar que as fissuras podem ser estruturais, afetando a capacidade de tráfego, ou funcionais, que interferem na dirigibilidade (SILVA, 2005).

Silva (2005) relata que as causas das trincas estruturais podem ser:

- corte raso;
- atraso na execução do corte;
- desalinhamento das barras de transferência;
- reflexão de trincas do concreto compactado com rolo;
- restrição da sub-base;
- recalque da fundação;
- corrosão;
- reação álcali-agregado.

Silva (2005) observa ainda que as causas das trincas funcionais são:

- a retração hidráulica;
- a rugosidade devido à sobra de concreto ou vassouramento incorreto;
- o polimento incorreto;
- a retração plástica.

A estratégia de recuperação dos pavimentos com revestimento em concreto consiste em colmatação de fissuras com resina epóxi, execução de reparos pontuais com emprego de microcimento, abertura de juntas, selamento de trincas e execução parcial de placas (SILVA, 2005).

#### 2.5.4 Fissuras em estruturas de concreto

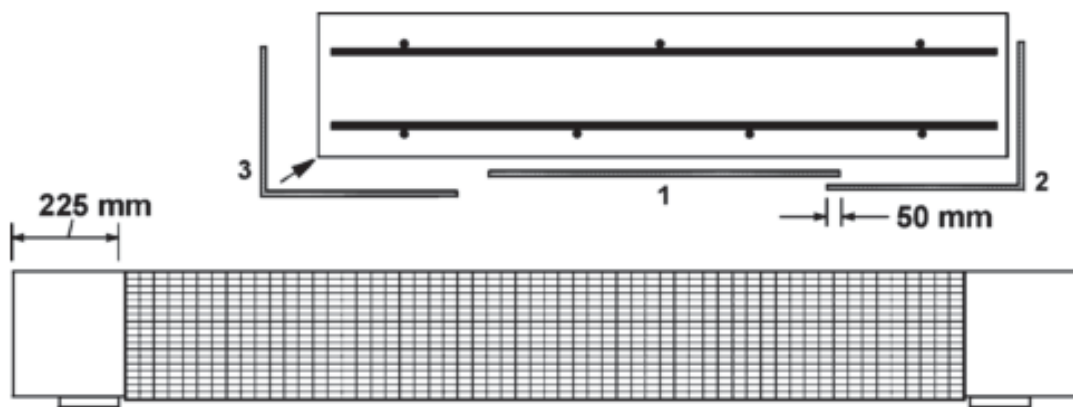
A ação das cargas externas reproduz no concreto armado um ambiente de tensão complexo. Ao analisar o carregamento das estruturas, verificam-se diversos tipos de solicitação.

A deficiência da estrutura se manifestará na maioria dos casos na forma de fissuras, cuja configuração dependerá do tipo de solicitação atuando no elemento fissurado. A interpretação da forma da fissura é fundamental para a determinação da causa do problema. Os principais problemas para o aparecimento de fissuras são advindos de erros de projeto, execução e utilização (HELENE; CASTRO-BORGES, 2005).

Conforme verificado na RSL, um dos procedimentos comuns para reparo de fissuras estruturais é o reforço com fibras de carbono ou vidro. A execução de reforço

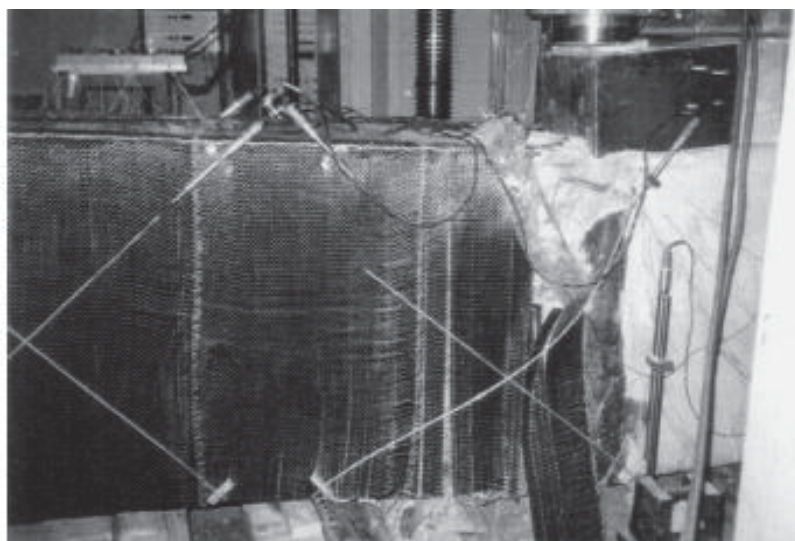
com fibra de carbono ou vidro, conforme descrito por Sheikh (2002), consiste na preparação do epóxi e aplicação de camadas de epóxi nas fibras, orientadas de acordo com o projeto, até a devida saturação. As FIGURAS 2-9 e 2-10 apresentam, respectivamente, um exemplo de projeto de aplicação de fibra de carbono e um exemplo de aplicação.

FIGURA 2-9 – PROJETO DE RECUPERAÇÃO COM FIBRA DE CARBONO



FONTE: SHEIKH (2002).

FIGURA 2-10 – APLICAÇÃO DE FIBRA DE CARBONO EM VIGAS



FONTE: SHEIKH (2002).

### 2.5.5 Carbonatação

O processo de carbonatação faz parte da reação química prevista durante o ciclo de vida do concreto. A penetração de  $\text{CO}_2$  da atmosfera através das porosidades e fissuras da estrutura, no entanto, pode reduzir o pH do concreto, despassivando a armadura, conforme se vê na FIGURA . Esse efeito pode acelerar a corrosão e trazer problemas para a estrutura.

FIGURA 2-11 – ESTRUTURA CARBONATADA



FONTE: LANER (2001).

A alternativa para reparo dessa manifestação é a substituição do concreto carbonatado ou a realcalinização do concreto danificado.

A pintura é uma maneira de proteger a estrutura do concreto e diminuir a velocidade de carbonatação da estrutura, uma vez que os poros estarão menos permeáveis (REDMOND et al., 1997).

### 2.5.6 Delaminação

A delaminação pode ser definida por fraturas de planos de concreto, conforme mostra a FIGURA , geralmente expostos sobre a armadura (YEHIA et al., 2008). Em pontes e viadutos, essa manifestação patológica é mais comum em tabuleiros e tem duas principais causas: corrosão e mau adensamento do concreto (VAL; STEWART; MELCHERS, 1998).

A maneira usual para recuperação é a substituição das áreas afetadas por uma camada de concreto com espessura de 2 a 4cm. Pode ser utilizado o concreto betuminoso para reparos pontuais e temporários (WEYERS et al., 1993).

FIGURA 2-12 – DELAMINAÇÃO EM PISO DE CONCRETO



FONTE: TECNHE (2006).

### 2.5.7 Juntas em pontes e viadutos

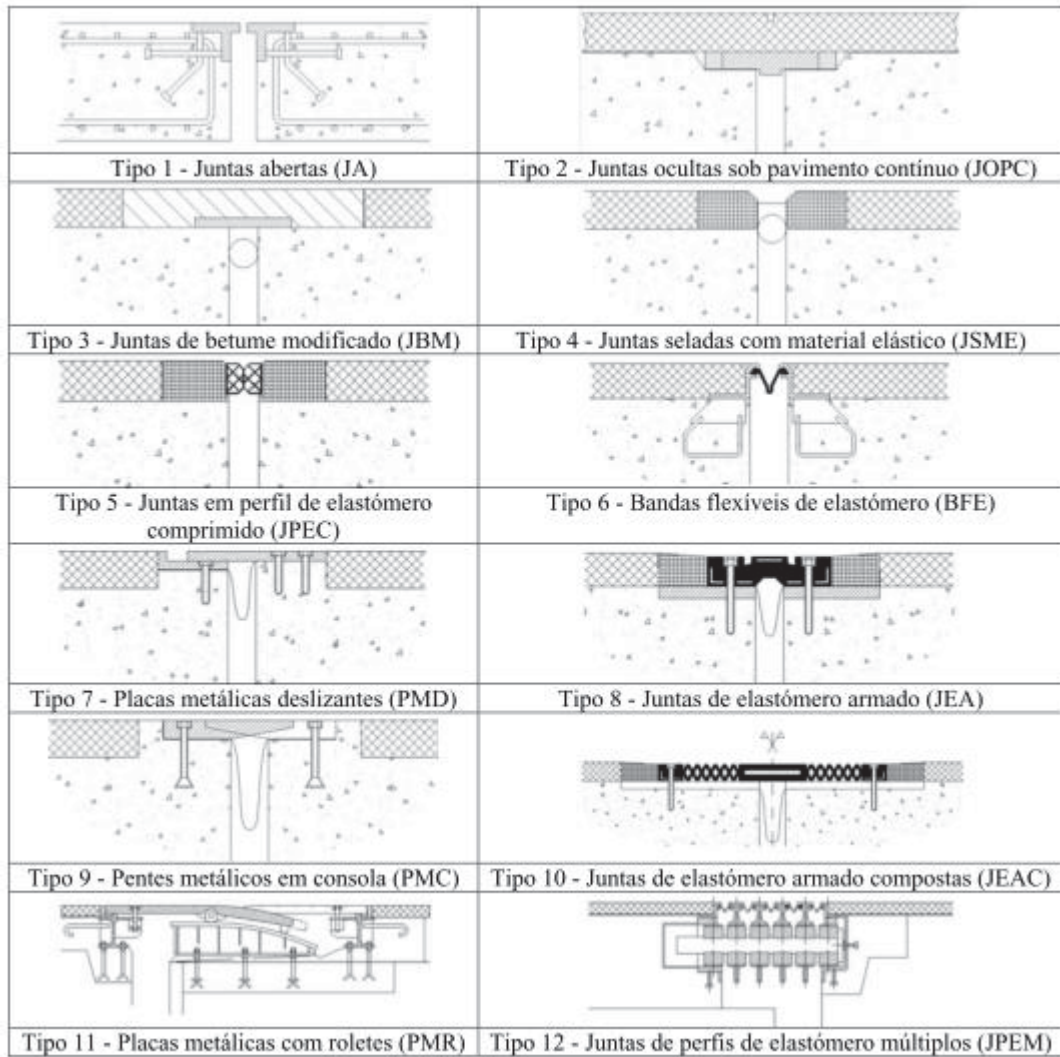
De acordo com Lima e Brito (2009), existem diversos tipos de juntas que podem ser especificados em pontes e viadutos. A FIGURA ilustra os tipos de juntas apresentados pelos autores.

Os problemas mais comuns em juntas são a perda da estanqueidade, imperfeição nos dispositivos de fixação, aberturas excessivas, deterioração dos acabamentos em borrachas sintéticas e falta de alinhamento (MÜLLER, 2004).

A FIGURA e a FIGURA , apresentadas por Laner (2001), ilustram as consequências da abertura excessiva em juntas.



FIGURA 2-13 – TIPOLOGIA DE JUNTAS EM PONTES E VIADUTOS



FORNE: LIMA; BRITO (2009).

FIGURA 2-14 – MANIFESTAÇÃO DE PATOLOGIA EM JUNTAS - EXEMPLO 1



FORNE: LANER (2001).

FIGURA 2-15 – MANIFESTAÇÃO DE PATOLOGIA EM JUNTAS - EXEMPLO 2



FONTE: LANER (2001).

### 2.5.8 Drenagem deficiente

Os problemas em elementos de drenagem em pontes e viadutos são catalisadores para a geração de novas manifestações patológicas na estrutura, devido a acúmulos de água ou percolação de água em lugares não previstos inicialmente (LANER, 2001).

De acordo com Laner (2001), para que essas falhas sejam evitadas, é necessário que as superfícies horizontais possuam caimento mínimo para escoamento. As formas de prevenir são: prever canais de escoamento de água em superfícies planas ou prever orifícios para a saída de água em muros de contenção.

A FIGURA ilustra uma manifestação em um elemento de drenagem que poderia ter sido facilmente evitada com a manutenção preventiva.

FIGURA 2-16 – OBSTRUÇÃO DA GALERIA PLUVIAL, VIADUTO TIRADENTES

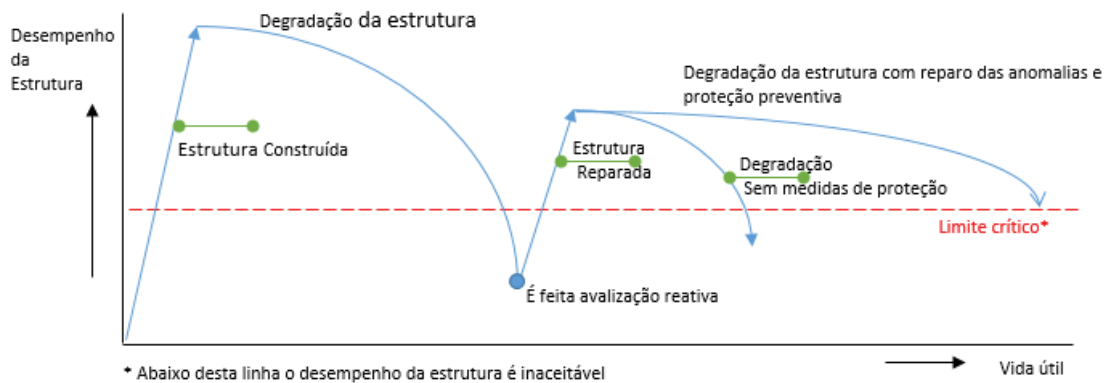


FONTE: LANER (2001).

## 2.6 PROTEÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Para certificar o desempenho e a vida útil de uma estrutura, restaurando as características mínimas de usabilidade, são necessários serviços de manutenção, conforme se observa na FIGURA 2-17.

FIGURA 2-17 – DESEMPENHO DA VIDA ÚTIL DE CONCRETO



FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

### 2.6.1 Materiais utilizados na recuperação de estruturas de concreto

Com o conhecimento dos materiais e suas propriedades, o especialista os utilizará de maneira mais adequada durante um processo de recuperação (CUSTÓDIO, 1998).

De acordo com Custódio (1998), o concreto é um dos materiais mais utilizados para os serviços de recuperação estrutural.

Na grande maioria dos casos, o concreto requer um traço especialmente formulado que altera algumas características, como resistência inicial, aderência, expansão, permeabilidade, retração (HELENE; CASTRO-BORGES, 2005).

Para serviços de recuperação do concreto, são empregados na sua composição ligantes estruturais e protetores das barras de armaduras (CUSTÓDIO, 1998).

Alguns exemplos utilizados no Brasil, descritos por Custódio (1998), são:

- resinas de poliéster-estireno;
- resinas de ésteres-vinílicas;
- resinas furânicas;

- resinas epoxídicas;
- resinas poliuretânicas;
- resinas polissulfídicas;
- resinas fenólicas;
- resinas orgânicas.

## 2.7 MÉTODOS DE REABILITAÇÃO NÃO TRADICIONAIS

A diferença dos métodos não tradicionais, em relação aos métodos de reabilitação tradicionais, é que os primeiros buscam conservar o concreto contaminado, sendo, portanto, métodos menos destrutivos. Geralmente são de natureza eletroquímica, atuando para reabilitação da corrosão do concreto, que é uma manifestação patológica também de caráter eletroquímico (MONTEIRO, 2002).

É importante, de acordo com Monteiro (2002), reconstituir as zonas deterioradas, promovendo a repassivação das armaduras e ampliando, assim, a vida útil das estruturas.

Na presente pesquisa, são apresentadas duas propostas de solução não tradicionais: método de realcalinização e método de extração eletroquímica de cloretos.

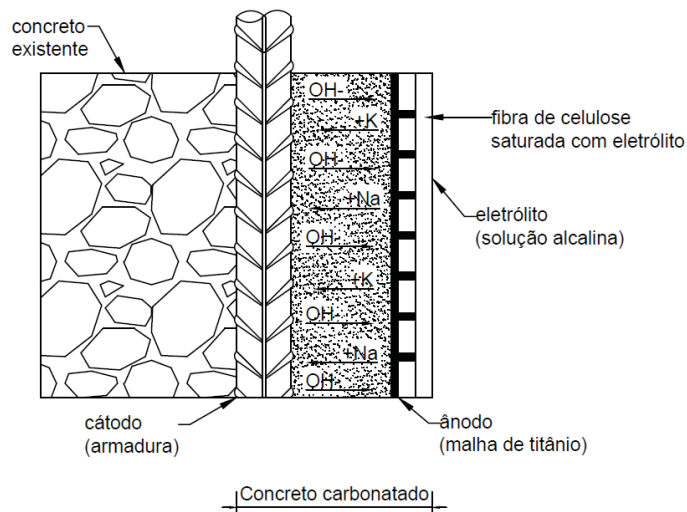
### 2.7.1 Método de realcalinização

A técnica de reabilitação de estruturas de concreto por realcalinização baseia-se em eliminar a causa que está produzindo a corrosão das armaduras, isto é, a redução de pH no entorno do aço (MONTEIRO, 2002; HELENE; CASTRO-BORGES, 2005).

O princípio da técnica consiste na utilização de uma corrente contínua entre o aço localizado no interior do concreto e um eletrodo auxiliar externo (EGGERS; OLIVEIRA, 1997).

O esquema do método é apresentado na FIGURA 2-18. Os componentes apresentados são ânodo, corrente impressa, eletrólito e cátodo.

FIGURA 2-18 – ESQUEMA DE REALCALINIZAÇÃO ELETROQUÍMICA



FONTE: HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

Para a execução dos métodos, necessita-se da corrente impressa, com o emprego de malha de aço-carbono ou de titânio ativado, que é consumida por corrosão no tratamento. O eletrólito utilizado na realcalinização é uma solução de um molar de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Este pode ser impregnado de polpa de celulose, que se deposita na superfície mediante projeção, ou aplicado diretamente na superfície do concreto.

A corrente elétrica é gerada através de transformadores para obtenção da corrente contínua de baixa voltagem. É importante que o sistema fique operando durante todo o período do tratamento, conforme o QUADRO .

QUADRO 2-1 – REALCALINIZAÇÃO ELETROQUÍMICA

	Detém a corrosão por	Duração do tratamento	Densidade de corrente típica
<b>Realcalinização eletroquímica</b>	Restauração da alcalinidade perdida no entorno da armadura	1 a 2 semanas	0,8 a 2 A/m <sup>2</sup>

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

O critério de aceitação para garantir a qualidade da técnica utilizada é o resultado de ensaios de pulverização de fenolftaleína de um testemunho obtido da área do tratamento.

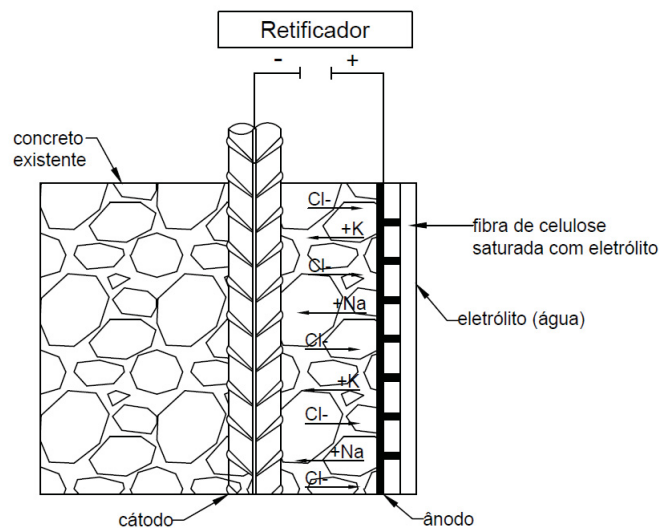
De acordo com Helene; Castro-Borges (2005), os custos da realcalinização eletroquímica são superiores a 130 dólares/m<sup>2</sup>.

### 2.7.2 Extração eletroquímica de cloretos

O método de extração eletroquímica de cloretos consiste na remoção dos íons de cloreto, responsáveis pela contaminação da estrutura de concreto.

A técnica é muito similar à realcalinização e consiste na aplicação de um campo elétrico entre a armadura no interior do concreto e um eletrodo fixado externamente à superfície do concreto e colocado no interior de um reservatório de eletrólito (MONTEIRO, 2002; EGGERS, OLIVEIRA, 1997; MORENO et al., 2010). A FIGURA apresenta um esquema de extração eletroquímica de cloretos. A diferença, em relação à realcalinização, é que o eletrólito é água.

FIGURA 2-19 – ESQUEMA DA EXTRAÇÃO ELETROQUÍMICA DE CLORETOS



FONTE: HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

De acordo com (MONTEIRO, 2002), são as seguintes as etapas para a extração:

- remover pintura ou revestimento;
- reparar fissuras e áreas de cobrimento danificado ou destacado;
- limpar as armaduras e reparar com uma argamassa à base de cimento;
- determinar onde serão retiradas amostras;
- estabelecer conexões elétricas e instalar o ânodo externo;
- aplicar e monitorar a densidade de corrente;
- retirar amostras para verificar o teor de cloretos;
- desligar corrente quando a extração terminar;

- remover o ânodo;
- limpar a superfície do concreto.

A corrente elétrica é gerada através de transformadores para obtenção da corrente contínua de baixa voltagem. É importante que o sistema fique operando durante todo o período do tratamento, conforme o QUADRO .

QUADRO 2-2 – EXTRAÇÃO ELETROQUÍMICA DE CLORETOS

	Detém a corrosão por	Duração do tratamento	Densidade de corrente típica
<b>Extração eletroquímica de cloretos</b>	Eliminação dos agentes agressivos	4 a 10 semanas	0,8 a 2 A/m <sup>2</sup>

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

O critério de aceitação para garantir a qualidade da técnica utilizada é resultado de ensaios para verificação dos cloretos livres a partir de um testemunho obtido da área do tratamento.

De acordo com Helene e Castro-Borges (2005), os custos da extração eletroquímica são superiores a 195 dólares/m<sup>2</sup>.

## 2.8 ORÇAMENTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Um orçamento, segundo Limmer (2013), é definido pela estimativa dos custos necessários para a execução de um projeto, de acordo com um plano previamente estabelecido.

Entre os principais objetivos dos projetos estão a garantia do prazo, qualidade e custo. Na maioria das vezes, o custo final é o fator que mais impacta na avaliação geral do empreendimento e na própria sobrevivência do executor (MATTOS, 2007).

De acordo com Padoveze e Benedicto (2004), os objetivos de um orçamento devem ser estabelecidos e relatados, para que seja possível a busca pelos resultados e o devido controle desses resultados.

Na construção civil, dada a imensa quantidade de serviços com prazos consideravelmente longos, os custos precisam ser eficientemente gerenciados em todas as etapas de vida do projeto. A orçamentação inicial deve ser fundamentada para que o custo do projeto possa ser monitorado periodicamente (MATTOS, 2014).

Um orçamento bem executado, com critérios bem definidos, utiliza informações e parâmetros confiáveis e possivelmente gera um orçamento preciso, embora nunca exato. São diversos os fatores que não são determinados com exatidão, como é o caso das chuvas, condições do solo, disponibilidade de materiais, flutuações na produtividade da mão de obra. É importante destacar que o orçamento reflete as premissas estabelecidas pelo orçamentista (MATTOS, 2014).

O ideal é que haja colaboração entre orçamento e campo. Estudos para verificação das produtividades reais, percentuais de perda dos principais insumos e comentários acerca dos parâmetros de orçamento são fundamentais para o progresso da engenharia.

De acordo com Limmer (2013), são estes os objetivos do orçamento de um projeto de construção:

- determinação do custo total de execução do projeto;
- base de documento contratual, servindo de referência para a medição da empresa executora do projeto;
- auxílio no controle de execução do projeto.

Um orçamento não necessariamente é apresentado em unidade monetária: pode ser expresso, por exemplo, em homens-horas reais de trabalho (LIMMER, 2013).

### 2.8.1 Grau de detalhamento de orçamentos

O planejamento financeiro tem como principal objetivo dar suporte à tomada de decisão. Para uma gestão de custos eficiente, é de significativa importância a utilização de dados corretos e confiáveis (AZEVEDO et al., 2011).

Dessa maneira, para uma apresentação confiável, existe uma forma de elaboração do orçamento de acordo com a fase do projeto (MARCHIORI, 2009; OTERO, 1998; AZEVEDO et al., 2013).

Mattos (2014) classifica os orçamentos a partir de três diferentes graus de detalhamento:

- estimativa de custos: avaliação com base em custos históricos e comparação com projetos similares. Fornece uma aproximação dos custos do empreendimento;



- orçamento preliminar: mais detalhado do que a estimativa de custos, pressupõe o levantamento de quantidades e requer pesquisa de preços dos principais insumos e serviços;
- orçamento analítico ou detalhado: elaborado com composição de custos e extensa pesquisa de preços dos insumos. Procura chegar a um valor bem próximo do custo "real", com margem reduzida de incerteza.

O resumo das classificações propostas por Mattos (2006) é apresentado no QUADRO .

QUADRO 2-3 – NÍVEIS DE DETALHAMENTO DE ORÇAMENTOS

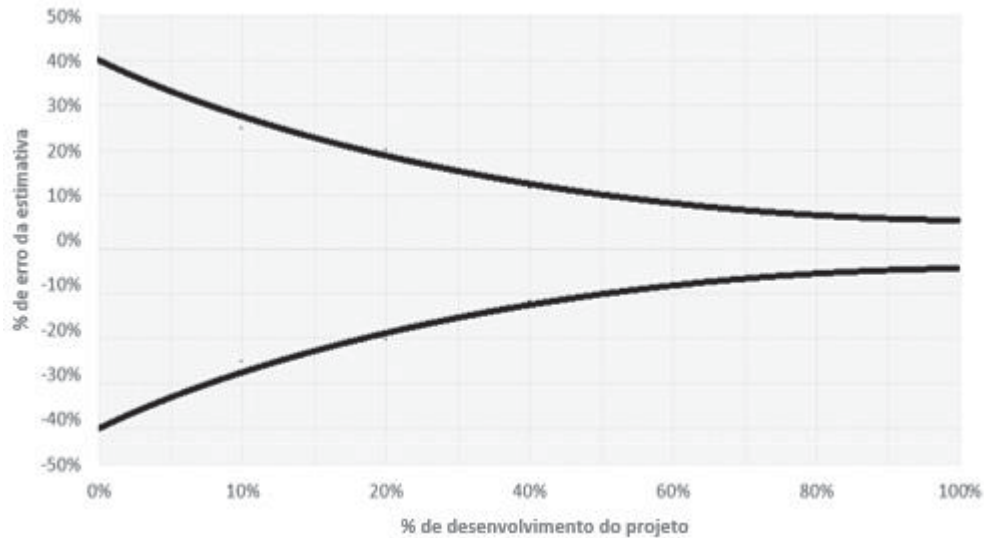
Grau de detalhamento	Informações	Assertividade
Estimativa de custo	Custos Históricos/Projetos similares e índices paramétricos	Ordem de grandeza
Orçamento preliminar	Principais insumos e serviços	Estimativa
Orçamento analítico	Composições de custos e extensa pesquisa de preço dos insumos	Grande proximidade com o custo real

FONTE: MATTOS (2014).

Toda estimativa orçamentária é afetada de erro, que varia de acordo com a qualidade da informação disponível. Ao iniciar a elaboração de um orçamento, dispõe-se de informações muitas vezes em estado incipiente, cujo detalhamento só será conseguido algum tempo depois, com o desenvolvimento dos projetos básicos e executivos (LIMMER, 2013).

A FIGURA , apresentada por Limmer (2013), mostra uma estimativa de porcentagem de erro ao longo do desenvolvimento do projeto.

FIGURA 2-20 – ESTIMATIVA DE ERRO VS. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO



FONTE: LIMMER (2013).

Os objetivos do projeto devem ser apresentados na fase de projetos de engenharia do empreendimento. Uma obra com indefinição dos objetivos, ou seja, com baixa quantidade nas informações disponíveis tende a ter o custo final maior se comparado com uma obra com objetivos precisos e informações claras (SANTOS, 2008).

Existem três principais atributos durante a elaboração do orçamento (MATTOS, 2014): aproximação, especificidade e temporalidade. A aproximação é a relação entre precisão e erro, decorrente de uma série de contas definidas a partir de uma premissa de cálculo, que seguem uma lógica de engenharia. A aproximação está embutida em diversos itens, como produtividade das equipes, perdas, preços dos insumos. A especificidade é a dificuldade em padronizar ou generalizar um orçamento na construção civil. Por exemplo, os custos para executar uma casa em uma cidade são diferentes dos custos de uma casa igual em outra cidade. A temporalidade reflete a necessidade de ajustes no orçamento e em composições ao longo do tempo. A evolução dos métodos construtivos e a flutuação dos custos dos insumos são fatores que determinam o prazo de validade de um orçamento (MARCHIORI, 2009).

### 2.8.2 Índices e produtividade

De acordo com Mattos (2014), define-se produtividade como a taxa de produção de uma pessoa ou equipe ou equipamento, isto é, a quantidade de unidades de trabalho produzida em um intervalo de tempo especificado.

Os índices relacionados em composições de custos unitários devem ser analisados como o inverso da produtividade. Dessa forma, quanto menor o índice, maior a produtividade. Um exemplo, citado por Mattos (2014), é o índice do armador de 0,10h/kg, que possui uma produtividade de 10kg/h.

Analisar e compreender os índices é fundamental quando se elabora um orçamento, principalmente pelos fatores listados por Mattos (2014), apresentados na sequência:

- informam a produtividade do sumo analisado;
- fornecem um parâmetro para a comparação entre orçado e realizado;
- representam o limite além do qual a atividade se torna deficitária;
- permitem detecção de desvio;
- estabelecem metas.

### 2.8.3 Faixas de produtividade

O conceito de faixa de produtividade ou produtividade variável origina-se das observações em canteiro. Em diversas situações, é possível obter uma faixa de produtividade, ou seja, uma escala que mostra os valores mínimos, máximos e a mediana da produtividade de cada serviço. A FIGURA apresenta um exemplo de faixa de produtividade.

FIGURA 2-21 – TEORIA DAS FAIXAS DE PRODUTIVIDADE



FONTE: TCPO (2014).

Ao orçar uma obra, o orçamentista deve tentar enquadrar a situação dentro dos limites da faixa, considerando fatores que podem ser alterados, como a complexidade, localização e qualidade da obra, as ferramentas disponíveis e a qualificação da mão de obra.

Esses fatores influenciam os limites de produtividade e podem levar à definição do fator de um extremo ao outro da faixa.

#### 2.8.4 Métodos de orçamentação

Na engenharia brasileira, três metodologias de orçamentos se sobressaem: o Custo Unitário Básico (CUB), o modelo paramétrico de custo e o orçamento detalhado (MARCHIORI, 2009; OTERO, 1998).

Limmer (2013) apresenta dois métodos de orçamentação: o de correlação e o de quantificação, sendo o primeiro englobado como um modelo paramétrico e o último incluído como um modelo de orçamento detalhado.

Segundo Marchiori (2009), o método de orçamento que emprega redes neurais é mais utilizado para estimativas por autores internacionais. Originado em 1994, esse método foi adaptado por Furusaka et al. (1999) e leva em conta variáveis do projeto para estimar outras variáveis. O método indica a quantidade de concreto do prédio através da área construída. Após isso, busca estimar a quantidade de forma e aço, entre outros insumos, para determinar o custo total da obra.

Marchiori (2009) apresenta em sua tese um método denominado redes de composições de custos, que é subdividido em duas estruturas: a macro e a micro. A macroestrutura é relativa à forma de organizar as informações e a microestrutura tem foco no entendimento de cada parte do componente de uma composição de custos e seus indicadores.

Bazanelli (2003) utiliza em sua dissertação um modelo enxuto para orçamentos de obras pelo sistema *lean construction*, através de uma análise dos índices de composições de custos.

Azevedo et al. (2011) elaboraram um sistema multicritério para avaliação, adaptado da metodologia MCDA-C, proposta por Ensslin et al. (2000), com o objetivo de melhorar o desempenho dos orçamentos e apresentar alternativas de recomendações.

#### 2.8.4.1 Método de correlação

Baseado na estimativa do orçamento por correlação, com uma ou mais variáveis de medida de grandeza do produto a ser orçado, este método é descrito por Limmer (2013) através de dois processos:

- Correlação simples: produtos similares e de dimensões diferentes têm um custo proporcional a sua dimensão característica, que pode ser considerada como sua variável livre.

Então:

$$\frac{\text{Custo } x}{\text{Custo } y} = \left[ \frac{\text{Dimensão } x}{\text{Dimensão } y} \right]^a$$

Indica que os custos crescem menos que a escala, na qual  $<1$  apresenta a influência de escala.

- Correlação múltipla: é a decomposição dos custos do projeto em várias partes. O somatório dos custos resultará no custo total  $C_t$ .

Então:

$$C_t = \sum_{1}^m C_{in}$$

Em resumo, o custo de uma obra é a soma dos custos de sua fundação, estrutura, revestimentos e demais itens.

#### 2.8.4.2 Método da quantificação

Este método pode ser separado em duas fases: a quantificação dos insumos e a composição do custo unitário básico de cada tarefa.

A quantificação dos insumos consiste em realizar o levantamento das quantidades de todos os insumos básicos necessários para a execução da obra, os quais podem ser reduzidos em mão de obra, materiais e equipamentos (LIMMER, 2013).

A composição do custo unitário é baseada na decomposição do projeto em partes, de acordo com centros de custos estabelecidos em função de uma EAP (LIMMER, 2013).

As composições de custos estabelecidas durante a fase de orçamentos são dotadas de erro. Variações de mais de 60% podem ocorrer entre as constantes de consumo determinadas na fase de orçamento e exercidas durante a execução (ALVES; ARAÚJO, 2010).

Uma composição de custos pode ser realizada antes ou depois da execução de um serviço. Quando realizada antes, é dita estimativa ou conceitual e tem como objetivo estimar o custo do projeto. Se elaborada após a execução, serve de instrumento para controle de custo (MATTOS, 2014).

Descrita também como o processo de estabelecimento dos custos incorridos para a execução de um serviço ou atividade, individualizada por insumo e de acordo com requisitos preestabelecidos, a composição deve listar todos os insumos necessários à execução de cada serviço, com suas respectivas quantidades e seus custos unitários e totais (ALVES; ARAÚJO, 2010).

De acordo com Mattos (2007) e Limmer (2013), conforme ilustrado no QUADRO , os dados que devem compor uma Composição de Preço Unitário (CPU) são insumos, unidade, quantidade e preço unitário.

QUADRO 2-4 – INFORMAÇÕES QUE DEVEM COMPOR UMA CPU, DE ACORDO COM A NBR 12721

<b>Insumos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Quantidades</b>	<b>Preços unitários</b>
Materiais, mão de obra, equipamentos, serviços de terceiros	m <sup>2</sup> , m <sup>3</sup> , dia, hora, etc.	Produção ou aplicação de mão de obra, equipamentos ou materiais.	Custos unitário dos materiais, mão de obra, equipamentos e serviços de terceiros

FONTE: ABNT NBR 12721.

A quantificação de insumos é a realização do levantamento de todos os insumos pertinentes à execução do projeto. Limmer (2013) divide esses insumos em três grupos: mão de obra, materiais e equipamentos.

A norma ABNT NBR 12721 estabelece os critérios para avaliação de custos unitários especificamente para incorporação imobiliária.

O CUB, orientado pela norma, é elaborado a partir do custo total do empreendimento e tem como uma das suas funções determinar custos parciais da construção. QUADRO apresenta um modelo de composição de custos.

QUADRO 2-5 – MODELO DE COMPOSIÇÃO

NOME DA COMPOSIÇÃO: MODELO				
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO PARCIAL
<b>Mão de obra</b>				
Ajudante	h	a	b	a.b
Encargos	%			
Subtotal mão de obra (A)				A
<b>Material de consumo</b>				
Argamassa tipo 01	kg	z	w	z.w
Sub total materiais (B)				B
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>				
Equipamento X	dia	t	k	t.k
Subtotal ferramentas / equipamentos (C)				C
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )				A+B+C
Benefício e despesas indiretas, BDI	%	0		

FONTE: O autor (2017).

#### 2.8.4.3 Redes de composição de custos

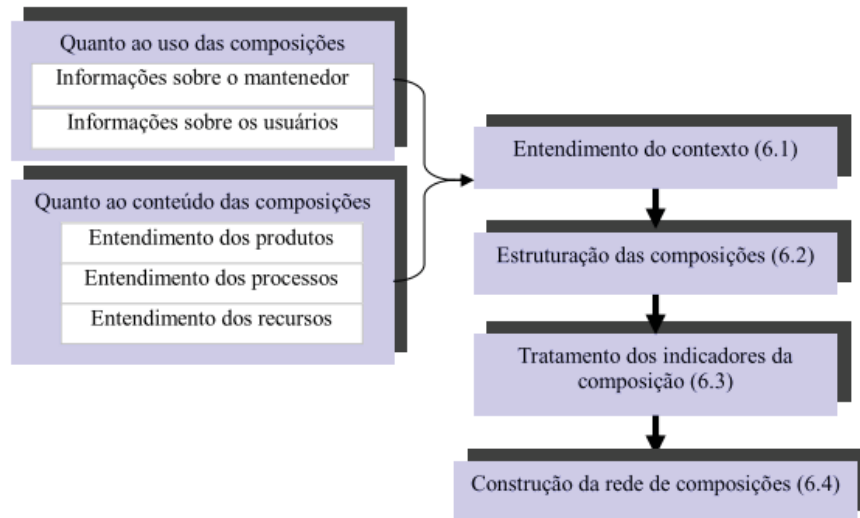
Desenvolvido por Marchiori (2009), esse método é fundamental para a pesquisa em questão, pois, através dele, é possível otimizar, atualizar as composições de custos atuais, dando mais confiabilidade às variáveis de consumo e, conseqüentemente, diminuindo o erro do projeto.

O uso do termo rede, pelo autor, foi originada de planos de execução em obras que utilizam representações com o conjunto das atividades inter-relacionadas. Estas se destinam a modelar os processos, apresentando sequências e o tempo atribuído a cada tarefa. A representação é gráfica e libera a execução de qualquer símbolo, desde que seja mantido o princípio da interdependência das atividades do processo.

A linha de prognósticos da formatação dos custos e as redes propostas por Marchiori (2009) podem ser empregadas para apresentar a estruturação das interdependências das composições de custos e suas regras de agrupamento.

As etapas do método proposto são ilustradas na FIGURA .

FIGURA 2-22 – ETAPAS DO MÉTODO PARA ELABORAÇÃO DE REDES DE COMPOSIÇÕES



FONTE: MARCHIORI (2009).

A primeira etapa consiste em conhecer o ambiente mantenedor das composições e as suas necessidades. A estruturação da composição, passo 2, desdobra-se tanto em informações quanto em recursos, processos e produtos, para prosseguir em direção à estruturação das informações que deverão constar na composição orçamentária. A etapa 3, chamada de “microestrutura da rede”, é focada no entendimento das informações que integram a composição, com base nos coeficientes de consumo dos recursos, e propõem-se formas de adoção de indicadores. Na última etapa, procede-se à formatação da rede de composição.

No presente trabalho, optou-se pelo método de rede de composição, criado por Marchiori (2009), pois permite, através de uma sequência estruturada, a formatação de novas composições, o tratamento dos insumos e o entendimento dos processos, recursos e produtos que envolvem os serviços analisados.



### 3 MÉTODO DE PESQUISA

De acordo com Silva e Menezes (2005), o objetivo principal da elaboração de uma pesquisa é o de prover um conjunto de ações a fim de descobrir soluções para determinado problema. Tal processo deve ter um embasamento teórico com fundamento em procedimentos racionais e científicos.

Partindo dessa ótica, este capítulo apresenta a caracterização e uma visão geral da pesquisa, descrevendo as etapas para sua condução.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa em questão pode ser classificada da seguinte maneira (SILVA; MENEZES, 2005; YIN, 2003; CRESWELL, 2007):

- De natureza aplicada, porque busca aplicar, otimizar e compreender a estrutura analítica de partição e as composições de custos para a manutenção de pontes e viadutos de concreto armado. Tem como objetivo gerar conhecimentos para a solução de problemas específicos.
- De abordagem qualitativa, pois utiliza conhecimentos obtidos através de questões abertas, dados de entrevistas, observações, imagens e análise de textos. Nesta pesquisa são utilizadas as técnicas: (1) revisão sistemática da literatura (RSL) e (2) Delphi.
- A forma de abordagem é descritiva, pois visa descrever as características das manifestações patológicas, estabelecendo relações entre variáveis através de uma EAP.
- Quanto aos seus procedimentos técnicos, enquadra-se como pesquisa de levantamento porque utiliza a técnica Delphi, que consiste na entrevista a especialistas com o objetivo de obter dados e aperfeiçoar o processo de orçamentação para manutenção e recuperação das manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto armado.
- A unidade de análise é a EAP para descrição das soluções de manutenção e recuperação de pontes e viadutos em concreto armado.

A FIGURA apresenta uma forma ilustrativa da caracterização da pesquisa:

FIGURA 3-1 – CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	
QUANTO À NATUREZA	APLICADA
QUANTO À ABORDAGEM	QUALITATIVA
QUANTO AO PROPÓSITO	DESCRITIVA
QUANTO AO PROCEDIMENTO	LEVANTAMENTO

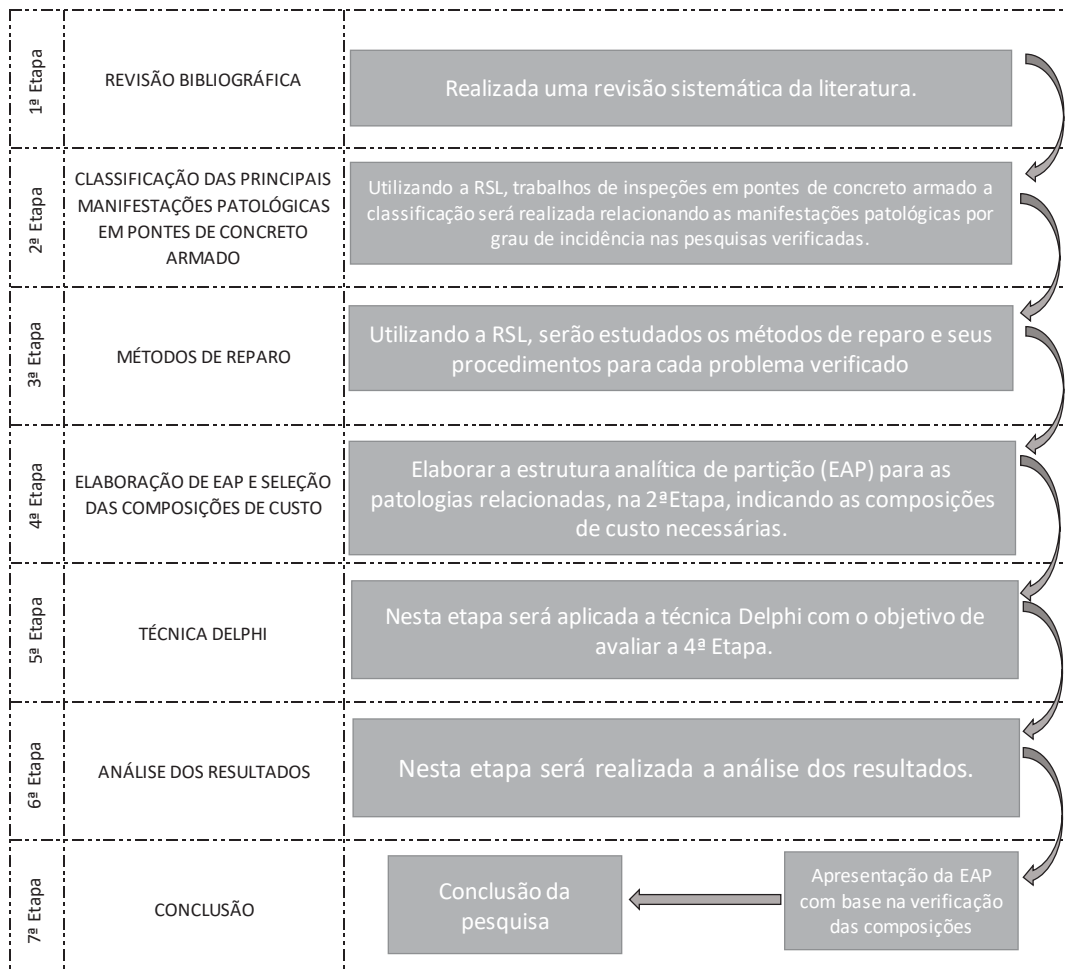
FONTE: O autor (2017).

Esta pesquisa conta com o apoio do DNIT e do EMEA, que, em conjunto, realizaram vistorias nas pontes e viadutos do Paraná, com o objetivo de melhorar e aprimorar a gestão de manutenção das OAEs. Os dados coletados nas vistorias realizadas foram introduzidos nesta pesquisa para definição das principais manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto armado.

### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

A FIGURA apresenta as etapas previstas para a elaboração desta dissertação.

FIGURA 3-2 – ETAPAS DA PESQUISA



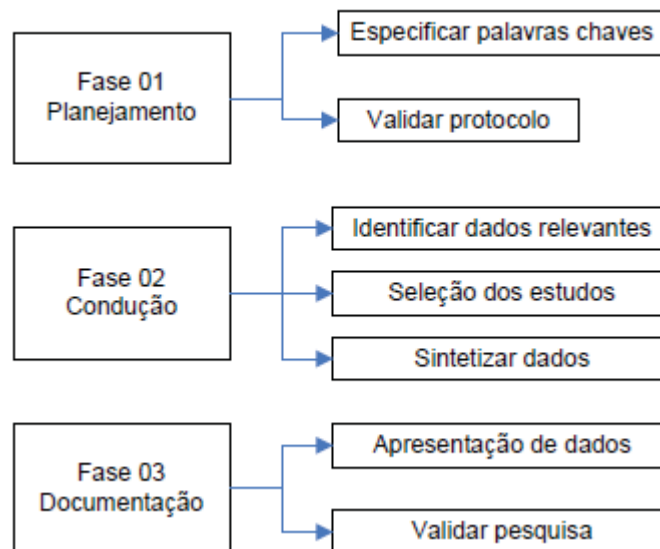
FONTE: O autor (2017).

### 3.2.1 Etapa 1 – Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica desta pesquisa foi elaborada através do método RSL. Esse método viabiliza a síntese de conhecimento, criando um banco de dados através de estudos publicados. A revisão sistemática é um processo que busca sintetizar resultados ou informações de diferentes estudos, sendo um meio eficiente de avaliar e interpretar todas as pesquisas relevantes para a questão específica da área ou fenômeno de interesse (YIN, 2003; MUIANGA; GRANJA; RUIZ, 2015).

A revisão sistemática da presente pesquisa seguiu as diretrizes metodológicas propostas por Brereton et al. (2007), conforme consta na FIGURA .

FIGURA 3-3 – MÉTODO DE RSL



FONTE: Adaptado de BRERETON et al. (2007).

Na Fase 1, de planejamento da revisão, o objetivo foi determinar as fontes de pesquisa e as palavras-chaves para a condução da busca. A Fase 2 identificou os dados relevantes a serem coletados, selecionando-se os artigos com potencial de coleta de dados para a organização das informações. A última fase, Fase 3, apresentou, através de dados estatísticos, os resultados obtidos, com a finalidade de validar a pesquisa elaborada.

As pesquisas foram conduzidas através de quatro fontes: Capes, *Web of Knowledge*, *Science Direct* e *SciELO*. As palavras-chaves foram definidas com o objetivo de englobar o maior número de trabalhos relacionados com manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto. Existe uma grande variação na escolha

das palavras-chaves para o tema abordado, possivelmente porque os pesquisadores se baseiam na área de conhecimento em que atuam. Pode-se citar, como exemplo de diferentes entendimentos das definições, a comparação entre o Manual do DNIT 010/2004 – Procedimento e o artigo *Lowering the global warming impact of bridge rehabilitations by using Ultra High Performance Fibre Reinforced Concretes*, escrito por Habert et al. (2013). O Manual define como recuperação uma atividade para eliminar defeitos de degradação e reabilitação, intervenção que introduz modificações, tais como alargamento da pista. No entanto o artigo emprega a palavra *reabilitação* (*rehabilitation*) como sinônimo de *reparo*. Por esse motivo as buscas foram realizadas a partir de diferentes palavras-chaves com significados similares. As palavras utilizadas nas buscas foram:

- problemas pontes de concreto - *concrete bridges, problems*;
- reparo pontes de concreto - *concrete bridges, repair*;
- reabilitação pontes de concreto - *concrete bridges, rehabilitation*;
- manutenção pontes de concreto - *concrete bridges, maintenance*;
- inspeção pontes de concreto - *concrete bridges, inspection*;
- avaliação pontes de concreto - *concrete bridges, assessment*.

Definiu-se nessa fase que, para a coleta de dados, seriam consultados somente artigos de revistas com convênio com a Universidade Federal do Paraná (UFPR).

### 3.2.2 Etapa 2 – Classificação das principais manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto armado

Para a classificação das principais manifestações patológicas, foram utilizados três trabalhos com apresentação de inspeções em pontes e viadutos de concreto armado, dados extraídos do EMEA e o resultado da RSL.

O EMEA é um projeto de extensão do Setor de Tecnologia da UFPR que envolve o Departamento de Construção Civil e o Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. A missão do projeto é prestar assistência a órgãos públicos na área de Engenharia Civil, contribuindo efetivamente com a sociedade. Por esse motivo auxiliou a pesquisa em questão, fornecendo dados para a classificação das principais

manifestações patológicas em pontes de concreto armado através das inspeções realizadas durante o projeto de extensão.

Procurou-se, por fim, identificar, através de um quadro-resumo, a frequência de incidência de cada manifestação patológica, classificando-se as mais importantes para o estudo.

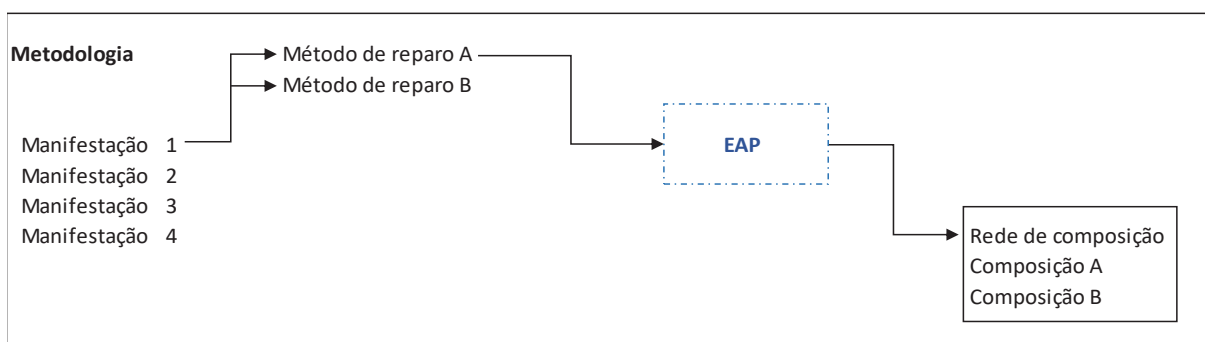
### 3.2.3 Etapa 3 – Métodos de reparo

Com base nos trabalhos relatados na revisão bibliográfica, foram descritos os procedimentos e os métodos de reparo, visando diagnosticar os problemas relacionados na Etapa 2.

### 3.2.4 Etapa 4 – Elaboração das EAPs e seleção das composições de custos

A quarta etapa do trabalho consistiu em planejar a EAP para os métodos de reparo das patologias relacionadas, conforme esquema ilustrado na FIGURA , indicando as composições de custos para o serviço de correção da manifestação patológica. Nessa fase foram elaboradas as EAPs com o objetivo de apresentar uma solução de manutenção com as composições de custos coletadas ou desenvolvidas com base no modelo apresentado por Marchiori (2009), em sua tese de doutorado.

FIGURA 3-4 – ORGANIZAÇÃO DA EAP



FONTE: O autor (2017).

A EAP foi desenvolvida com base nas composições de custos estruturadas a partir do método de rede de composições. Nesta pesquisa três fontes foram consultadas para aplicação do método da rede de composições: a Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO), as composições apresentadas no

*Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto*, de Helene e Castro-Borges (2005), e o *Manual de custos rodoviários* (DNIT, 2003).

A TCPO busca organizar informações sobre os recursos, sejam materiais, mão de obra ou horas de equipamentos necessários para a execução de uma unidade padrão de determinado serviço. Contendo mais de 4 mil composições de custo unitário, a TPCO serviu como base para a estruturação da EAP.

O *Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto* é o resultado de uma coletânea de trabalhos de especialistas ibero-americanos dirigida pelo Prof. Paulo Helene em resposta às manifestações patológicas relacionadas às estruturas de concreto armado. No Capítulo 10 dessa publicação, são fornecidos elementos básicos de referência para a elaboração de composições de custos de recuperação em estruturas de concreto armado.

O *Manual de custos rodoviários*, elaborado em 1998 e publicado em 2003 pelo DNIT, apresenta uma revisão e atualização dos *Manuais de custos rodoviários* editados em 1972 e 1980.

#### 3.2.4.1 Seleção das composições de custos

O primeiro passo para a formatação das composições de custos foi estudar o ambiente das composições e as suas necessidades. Essa etapa foi iniciada juntamente com a revisão bibliográfica sistemática da literatura, que buscou compreender as características de obras de recuperação e os principais problemas em pontes de concreto armado.

A estruturação da composição foi gerada através do banco de dados determinado: TCPO, as composições apresentadas por Helene e Castro-Borges (2005) no *Manual de reparo proteção e reforço de estruturas de concreto* e o *Manual de custos rodoviários* (DNIT, 2003).

O passo 3, chamado de “microestrutura da rede”, é voltado para o entendimento das informações inseridas na composição, com base nos coeficientes de consumo dos recursos. Ressalta-se que foram selecionadas composições para as EAPs criadas, adaptando-as com base nas informações obtidas durante a pesquisa. Ressalta-se, ainda, que não foram modificadas as constantes de consumo para insumos de mão de obra.

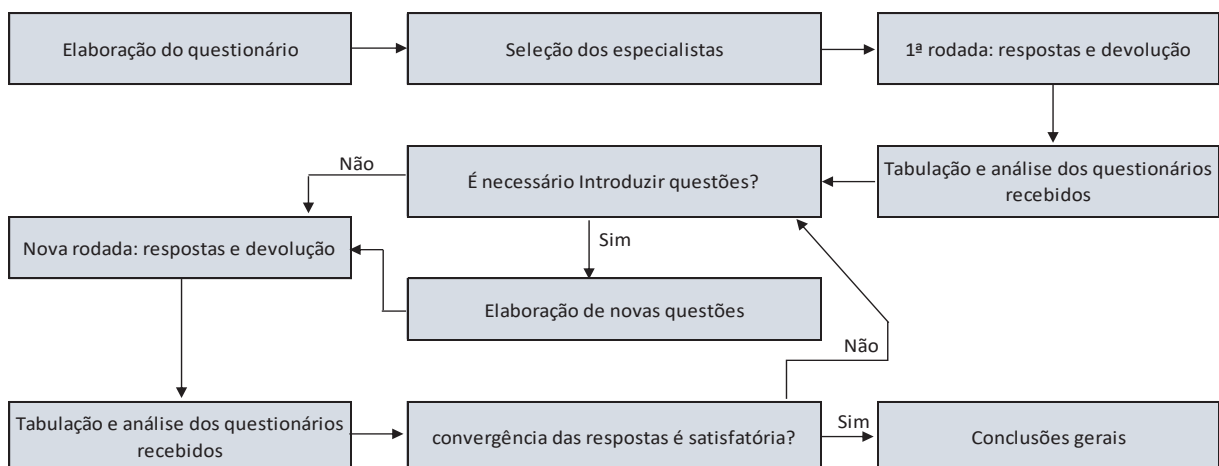
### 3.2.5 Etapa 5 – Técnica Delphi

Na quinta etapa da pesquisa foi utilizada a técnica Delphi para avaliação da EAP desenvolvida. Essa técnica consiste em consultar um grupo de especialistas através de um questionário interativo, que é repassado de maneira organizada n vezes, até a consolidação da opinião técnica do grupo. Pressupõe-se que o julgamento coletivo bem organizado é melhor do que a opinião de um só especialista (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000). A sequência para aplicação da técnica obedeceu às etapas da FIGURA .

Como ferramenta auxiliar, foi utilizado o Google formulários. As perguntas foram divididas em dois principais tópicos de avaliação. O primeiro tópico era composto de três perguntas a respeito da EAP. Na sequência, havia cinco perguntas sobre a criação das composições de custos descritas na EAP. Por fim, foram apresentadas considerações e críticas dos especialistas após a aplicação do questionário.

Foram selecionados oito especialistas nessa etapa da pesquisa, sendo quatro especialistas acadêmicos: dois doutores e dois mestres. Os demais entrevistados são especialistas na área e pós-graduados com ampla experiência no mercado de trabalho. Ressalta-se que, após duas rodadas, a convergência das respostas foi considerada adequada, uma vez que as considerações foram complementares, não tendo sido apontadas incoerências.

FIGURA 3-5 – SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DA TÉCNICA DELPHI



FONTE: Adaptado de WRIGHT; GIOVINAZZO (2000).

### 3.2.6 Etapa 6 – Análise dos resultados

A sexta etapa consistiu em apresentar os resultados obtidos durante o desenvolvimento da pesquisa e analisá-los, apresentando a EAP para cada caso e relacionando produtos disponíveis no mercado para auxiliar na execução dos serviços.

### 3.2.7 Etapa 7 – Conclusões

A etapa final apresentou as conclusões e lições aprendidas, relacionando os benefícios da pesquisa e os desafios para trabalhos futuros.



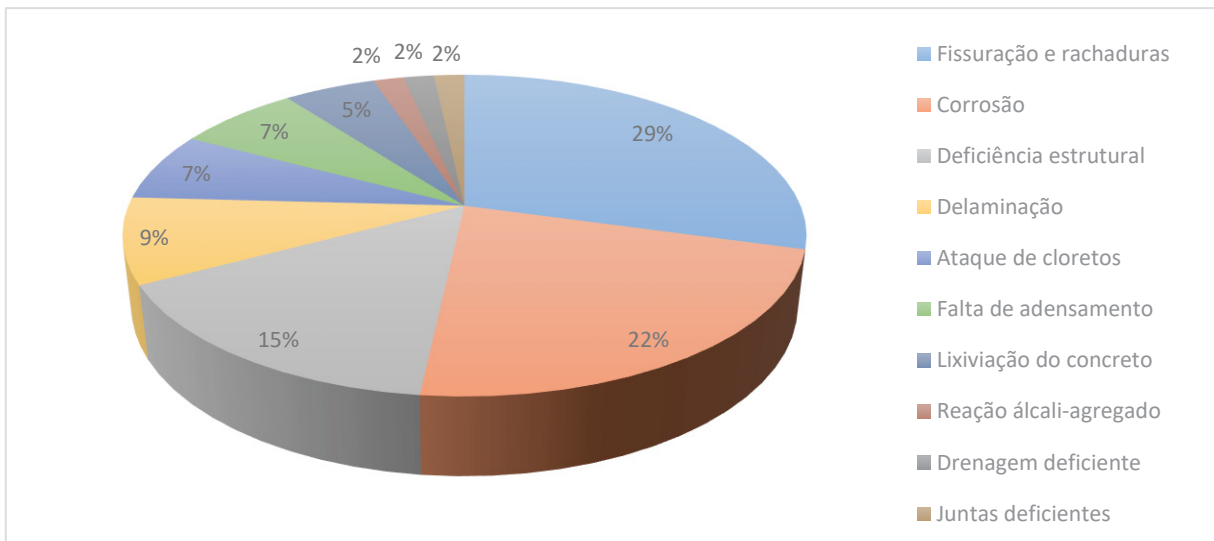
## 4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo pretende-se apresentar os resultados da RSL, as EAPs desenvolvidas para cada caso, a aplicação da técnica Delphi e os resultados da pesquisa.

### 4.1 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS DE CONCRETO ARMADO

Inicialmente foram relacionadas as manifestações patológicas mais frequentes nas publicações analisadas durante o processo da RSL, conforme evidenciado no GRÁFICO .

GRÁFICO 4-1 – PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS VERIFICADAS EM PUBLICAÇÕES



FONTE: O autor (2017).

Para a classificação das principais manifestações patológicas, foram utilizados três trabalhos publicados sobre inspeções em pontes e viadutos de concreto armado, dados extraídos do EMEA e o resultado da RSL. O QUADRO tem o propósito de resumir as fontes que serviram de base para a classificação.

QUADRO 4-1 – FONTES UTILIZADAS PARA CLASSIFICAÇÃO

Fonte	Resumo	Localização	Inspeções realizadas	Publicação
VITÓRIO (2013)	Análise dos danos estruturais e das condições de estabilidade de 100 pontes rodoviárias no Brasil	Nordeste, Brasil	100	Associação Portuguesa para a Segurança e Conservação de Pontes
LANER (2001)	Levantamento realizado a partir de 12 viadutos e 23 pontes	Porto Alegre, Brasil	41	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
CHASSIAKOS (2005)	Principais defeitos verificados em pontes em uma rede rodoviária de 100km, com cerca de 300 pontes	Grécia, Western	10	Advances in Engineering Software
EMEA(2015-2016)	Inspeção realizados pelo EMEA, UFPR	Paraná, Brasil	351	Dados do projeto de extensão
RSL: O AUTO (2016)	Revisão sistemática da literatura, focada em extrair dados relacionados às manifestações patológicas em pontes de concreto armado	Diversos países	-	IABMAS, 2016

FONTE: O autor (2017).

Cruzando as informações obtidas nas pesquisas relacionadas no QUADRO , classificou-se o grau de incidência das manifestações patológicas. O QUADRO apresenta os trabalhos utilizados e a classificação das principais manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto armado.

Para a classificação das principais manifestações patológicas, cruzaram-se, de acordo com a incidência nas pesquisas selecionadas, as informações apresentadas. Caracterizou-se como principais as sublinhadas em cinza e aquelas com incidência superior a 3.

QUADRO 4-2 – CLASSIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Descrição das manifestações patológicas verificadas em pontes de concreto armado	FONTE					INCIDÊNCIA	
	VITÓRIO (2013)	CHASSIAKOS (2005)	EMEA (2015-2016)	LANER (2001)	RSL: AUTOR 2016		
1	Eflorescências e/ou Infiltrações	✓	✓	✓	✓	✓	5
2	Corrosão no tabuleiro	✓	✓	✓	✓	✓	5
3	Fissuras no tabuleiro	✓	✓	✓	✓	✓	5
4	Corrosão nos pilares	✓	✓	✓	✓	✓	5
5	Fissuras nos pilares	✓	✓	✓	✓	✓	5
6	Deslocamento de concreto no tabuleiro	✓	✗	✓	✓	✓	4
7	Deslocamento de concreto nos pilares	✓	✗	✓	✓	✓	4
8	Drenagem deficiente	✗	✓	✓	✓	✓	4
9	Juntas de dilatação deficientes	✓	✗	✗	✓	✓	3
10	Carbonatação	✗	✓	✓	✓	✗	3
11	Deformação	✗	✗	✓	✗	✓	2
12	Erosão nas fundações	✓	✓	✗	✗	✗	2
13	Aparelhos de apoio deficientes	✓	✗	✗	✓	✗	2
14	Manchas de umidade	✗	✗	✓	✓	✗	2
15	Vegetação incrustada	✗	✗	✓	✓	✗	2
16	Vibração elevada	✗	✗	✓	✓	✗	2
17	Ataque por cloretos	✗	✓	✗	✗	✓	2
18	Avárias no encontro de alvenaria de pedras	✓	✗	✗	✗	✗	1
19	Fissuras e/ou esmagamento dente Gerber	✓	✗	✗	✗	✗	1
20	Manchas de fogo	✗	✗	✓	✗	✗	1
21	Percolação de águas subterrâneas	✗	✗	✓	✗	✗	1
22	Cargas elevadas	✗	✗	✓	✗	✗	1
23	Falta de prumo	✗	✗	✓	✗	✗	1
24	Reação álcali-agregado	✗	✗	✗	✗	✓	1

FONTE: O autor (2017).

Os métodos de recuperação presentes nas pesquisas analisadas foram extraídos de 58 das 97 selecionadas. No QUADRO estão relacionadas as soluções de reparo verificadas nos artigos levantados na RSL. O percentual apresentado se baseia no número de artigos que citam a solução proposta, ressaltando-se que existem autores que apresentam mais de uma solução de reparo para o mesmo problema.

QUADRO 4-3 – SOLUÇÕES DE REPARO

Soluções de reparo	Num. Artigos	%
Reforço com fibra de carbono	19	33%
Reforço com fibra de vidro	13	22%
Concreto armado com fibras	7	12%
Concreto armado convencional	6	10%
Utilização de resina epóxica	6	10%
Proteção catódica	6	10%
Selagem de fissuras com metacrilato	4	7%
Concreto de alto desempenho	3	5%
Concreto com látex modificado	2	3%
Graute	2	3%
Uso de bactérias	2	3%
Substituição do elemento estrutural	2	3%
Fibra de aramida reforçada com polímero	2	3%
Concreto jateado	1	2%
Concreto reforçado com análise dos agregados	1	2%
Injeção de argamassa	1	2%
Manutenção das juntas	1	2%
Cimento com poliuretano	1	2%
Concreto com alto desempenho inicial	1	2%
Reforço com protensão externa	1	2%
Aço de alta resistência	1	2%

FONTE: O autor (2017).

As soluções relacionadas no QUADRO podem ser utilizadas como estratégia de recuperação para diferentes manifestações patológicas.

#### 4.2 ELABORAÇÃO DAS EAPS E SELEÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS

A fim de sintetizar os critérios e vantagens de algumas soluções de reparo, foi elaborado o QUADRO , com base nos artigos analisados durante a RSL. O QUADRO relaciona as manifestações patológicas classificadas no QUADRO com as soluções de reparo encontradas no QUADRO . Dessa maneira, o QUADRO auxiliou no processo de elaboração das EAPs.

QUADRO 4-4 – CRITÉRIOS E VANTAGENS DE SOLUÇÕES DE REPARO

Método de reparo	Crítérios para utilização	Vantagens
Reforço com fibra de carbono	Elevada resistência inicial Reparo de fissuras ativas Elevada resistência à fadiga	Alta durabilidade Controle de trincas
Polímero com fibra de vidro		
Concreto armado com fibras	Elevada resistência à tração Elevada resistência à fadiga	Menor porosidade do concreto
Concreto armado	Aparência inicial desejada Solução eficaz para simples reparo	Material abundante
Resina epóxi	Fissuras com esp. = 1 a 6mm	Pode ser utilizado em áreas úmidas
Proteção catódica	Reparos de corrosão	Prevenção
Selagem de fissuras com metacrilato	Fissuras superficiais	Fácil aplicação
Concreto de alto desempenho	Ambientes agressivos Alta resistencia	Durabilidade
Concreto com látex modificado	Necessidade de liberação imediata do serviço	Baixo tempo de cura
Graute	Fissuras passivas maiores que 6mm	Fácil aplicação
Uso de bactérias para reparo de trincas	Dificuldade de manutenção	Concreto autocurável
Substituição do elemento estrutural	Estado de degradação impede a reabilitação	Não geração de custos desnecessários com reparos
Fibra de aramida reforçada com polímero	Elevada resistência inicial Reparo de fissuras ativas Elevada resistência à fadiga	Alta durabilidade Controle de trincas
Concreto jateado	Dificuldade de acesso	Maior produtividade
Concreto reforçado, com análise dos agregados	Área com agregados reativos	prevenção
Injeção de argamassa	Fissuras com profundidade elevada	Sela fissuras profundas
Manutenção das juntas	Cada 6 meses	Prevenção
Cimento com poliuretano	Revestimentos e acabamentos superficiais	Propriedades adesivas excelentes com materiais concretos
Reforço com protensão	Menor intervenção na estrutura	Fácil inspeção
Aço de alta resistência	Elevada resistência à tração Ambientes agressivos	Durabilidade

FONTE: STEWART; MULLARD (2007), ZHANG; HARICHANDRAN; RAMUHALLI (2012), ESTES; FRANGOPOL (2001), YEHIA et al. (2008), HAO; ZHOU; KUN (2013), MÜLLER (2004).

QUADRO 4-5 – PROBLEMAS VS. MÉTODO DE REPARO

Manifestação patológica	Método de reparo	Materiais
Lixiviação e eflorescência	Limpeza do substrato, selagem de fissuras, eliminação da presença de água	Hidrofugante, metacrilato
Corrosão	Substituição da armadura corroída e do concreto com proteção catódica	Graute, epóxi, pinturas catódicas
Fissuras em tabuleiros	Limpeza superficial, abertura da cavidade da fissura, limpeza do substrato, aplicação de ponte de aderência, aplicação de material vedante	epóxi, metacrilato, concreto com fibras, concreto de alto desempenho
Fissuras passiva em pilares	Delimitação da área de escarificação, corte do concreto, remoção do concreto deteriorado, aplicação de ponte de aderência, preenchimento da cavidade do reparo, cura do material, aplicação de proteção superficial	epóxi, graute, concreto de alto desempenho
Fissura ativa em pilares	Aplicação de camadas de fibra de carbono ou vidro. Colagem das fibras com epóxi	fibra de carbono, fibra de vidro, epóxi
Carbonatação	Corte do concreto, remoção do concreto com baixo, concretagem ou grauteamento	Graute, concreto convencional
Delaminação	Teste de percussão, substituição do concreto nas áreas afetadas	graute, concreto convencional, concreto modificado com latex
Juntas deficientes	limpeza, aplicação de selante	poliuretano, latex, silicone
Drenagem deficiente	Limpeza, execução de canais de escoamento	tubulação de pvc, concreto

FONTE: HELENE; CASTRO-BORGES (2005), STEWART; MULLARD (2007), ZHANG; HARICHANDRAN; RAMUHALLI (2012), ESTES; FRANGOPOL (2001), YEHIA et al. (2008), HAO; ZHOU; KUN (2013), MÜLLER (2004).

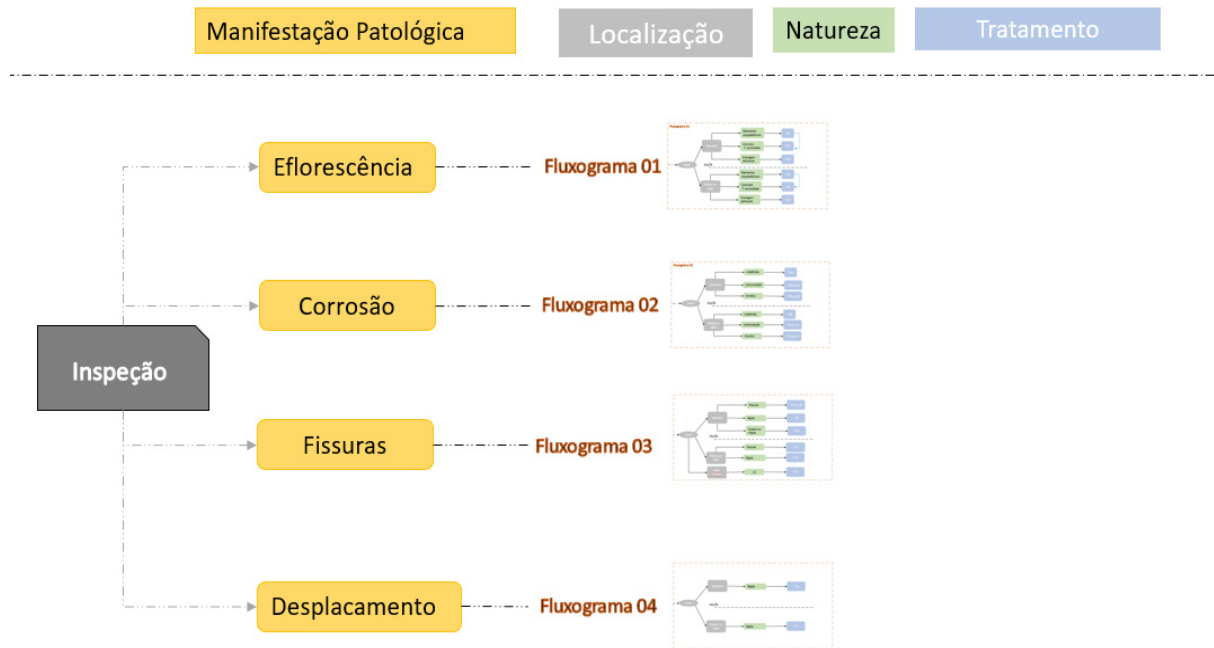
Prosseguindo com a metodologia proposta, foram elaboradas EAPs, visando apresentar soluções para correção das manifestações patológicas relacionadas no QUADRO .

#### 4.2.1 Premissas para a elaboração da EAP

A partir das 10 principais manifestações patológicas relacionadas, foram gerados quatro fluxogramas visando a apresentação dos métodos de correção, denominados de tratamentos. Ao todo foram relacionados 19 tratamentos, indicados através de uma EAP. Neste trabalho são sugeridas soluções para a manutenção e recuperação, no entanto ressalta-se que existem outras possíveis soluções não apresentadas.

Para melhor visualização da sequência de trabalho, foi elaborado um fluxograma base, FIGURA , apresentando a subdivisão dos quatro fluxogramas. Estes foram fragmentados de acordo com a manifestação patológica, localização, natureza e tipos de tratamento.

FIGURA 4-1 – FLUXOGRAMA BASE



FONTE: O autor (2017).

Muito embora a natureza do problema – “drenagem deficiente” e “juntas deficientes” – tenha sido classificada como patologia por diversos autores, conforme apresentado no QUADRO , neste trabalho de pesquisa está sendo considerada como natureza do problema (ou causa do problema) devido ao entendimento de que se enquadram mais adequadamente nessa classificação. Isso se deve ao fato de que estas são fatores da estrutura não conformes que podem motivar manifestações patológicas e não propriamente uma manifestação patológica.

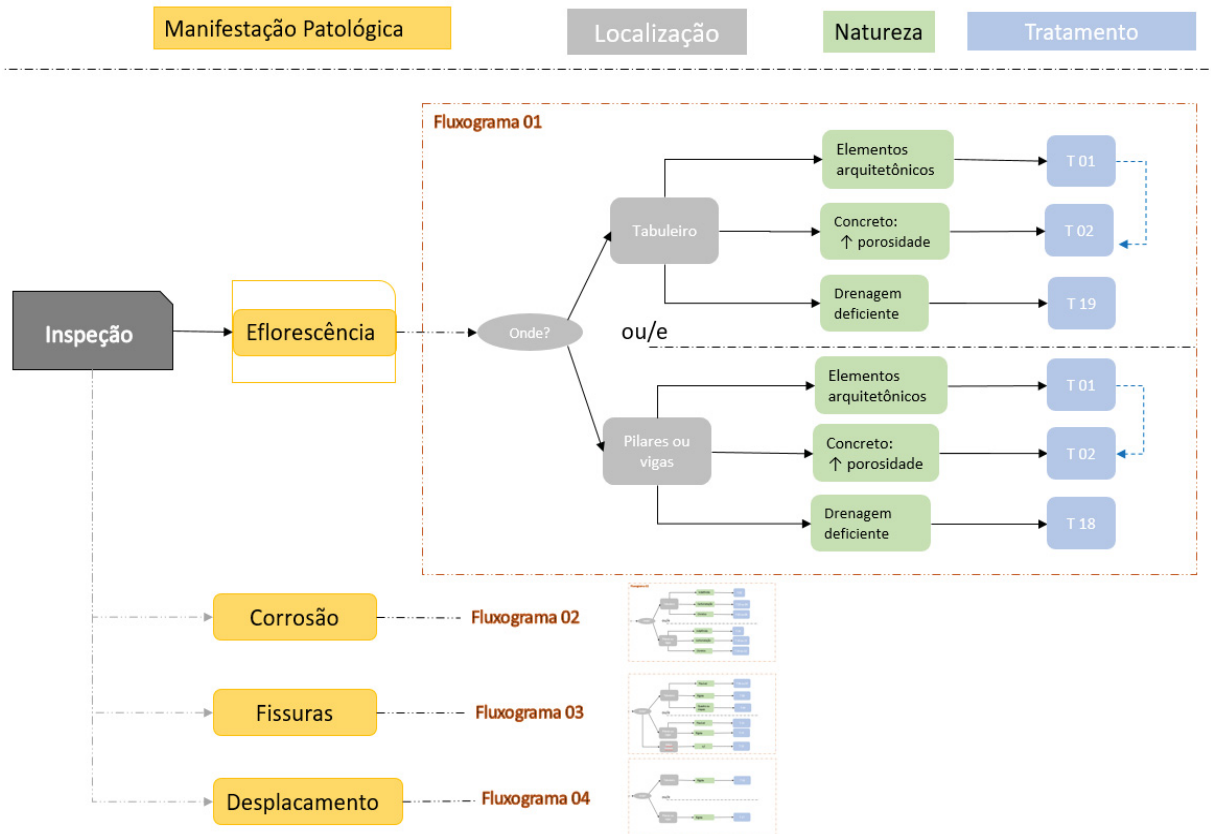
As EAPs e os fluxogramas apresentados a seguir são o resultado final da aplicação da técnica Delphi na 5.<sup>a</sup> etapa desta pesquisa.

#### 4.2.2 Lixiviação e eflorescência

O fluxograma apresentado na FIGURA indica como primeira etapa a determinação da localização da patologia, conforme subdivisão definida para esta pesquisa: tabuleiro e pilares/vigas. Na sequência, foi realizada uma nova subdivisão,

de acordo com a natureza do problema, ou seja, a principal causa. Para a patologia eflorescência, a natureza do problema foi subdividida em: elementos arquitetônicos, concreto com alta porosidade (ou permeabilidade) e drenagem deficiente. Por fim são propostos os tratamentos, indicados como etapa final do fluxograma.

FIGURA 4-2 – FLUXOGRAMA - EFLORESCÊNCIA



FONTE: O autor (2017).

A EAP apresentada no QUADRO foi desenvolvida seguindo as recomendações descritas por Yehia et al. (2008), segundo os quais, para a correção da lixiviação, é necessário remover a entrada de água causadora da percolação.



QUADRO 4-6 – EAP LIXIVIAÇÃO E EFLORESCÊNCIA

Item	Descrição do serviço	Fonte
<b>1</b>	<b>EFLORESCÊNCIA - TRATAMENTO 01</b>	
1.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
1.2	Inclusão de elemento estrutural ( <i>caso necessário</i> )	O autor, 2017
1.3	Aplicação de hidrofugante	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
<b>2</b>	<b>EFLORESCENCIA OU CARBONATAÇÃO - TRATAMENTO 02</b>	
2.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
2.2	Selagem de fissuras	O autor, 2017
2.3	Aplicação de hidrofugante	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
<b>18</b>	<b>DRENAGEM DEFICIENTE - TRATAMENTO 18</b>	
18.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
18.2	Limpeza dos elementos de drenagem	Manual dos custos rodoviários
<b>19.</b>	<b>JUNTAS DEFICIENTES - TRATAMENTO 19</b>	
19.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
19.2	Reparos em bordas de juntas de expansão executados com argamassa epóxi para espessuras de até 1,5 cm	Manual de reparo (Red Rehabilitar)

FONTE: O autor (2017).

O tratamento 1, indicado no QUADRO , consiste na inclusão de um elemento estrutural e se faz necessário quando a forma da estrutura da ponte gera uma percolação de água pontual capaz de produzir a lixiviação. Nesse caso, é indicada a construção de um elemento arquitetônico para desvio da água, popularmente conhecido como pingadeira. A EAP sugere a limpeza superficial da área, aplicando-se posteriormente hidrofugante para melhorar as características do concreto.

O tratamento 2 é recomendado em situações nas quais existem fissuras ao longo do tabuleiro, que ocasionam o aumento da percolação de água, gerando a manifestação patológica embaixo do tabuleiro ou em pilares e vigas. É indicada como necessária, nesse tratamento, a eliminação da fonte de água que penetra no concreto. A composição “selagem de fissuras” possui índices que variam de acordo com a espessura de abertura da fissura. A composição retrata a possibilidade de vedar fissuras de 10mm até 30mm, com o consumo do material selante de poliuretano variando de acordo com o tamanho da abertura.

Os tratamentos 18 e 19, respectivamente “drenagem deficiente” e “juntas deficientes”, indicados no fluxograma, são fatores da estrutura não conformes, que podem motivar manifestações patológicas. Por esse motivo, foram categorizados como causas e constam no campo verde, relativo à natureza do problema. A “drenagem deficiente” é amplamente apontada no trabalho de Laner (2001) e nas inspeções do EMEA, problema que pode ser facilmente resolvido pela manutenção preventiva. A execução de juntas é uma etapa complexa durante a fase de construção

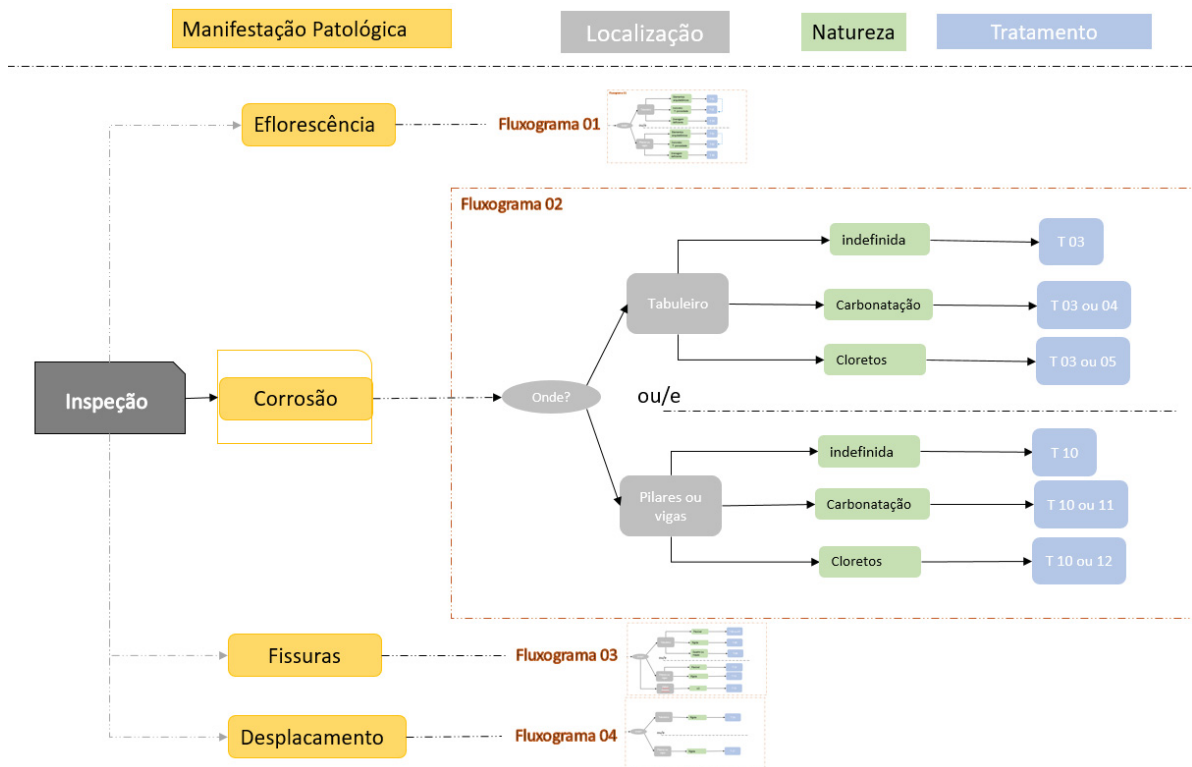
de uma ponte (LIMA; BRITO, 2009). O tratamento 19 é uma forma de reparo indicado por Helene e Castro-Borges (2005).

As composições dos serviços indicados para reparo das patologias encontram-se nos APÊNDICES 2, 16, 17, 28 e 34.

### 4.2.3 Corrosão

Partindo da mesma metodologia de criação da EAP, foi desenvolvido o fluxograma referente à corrosão, apresentado na FIGURA . De acordo com a literatura, a natureza dessa manifestação patológica pode ser originada pelo ataque de cloretos ou por carbonatação. No fluxograma elaborado, indica-se a natureza como “indefinida” para situações em que não existe definição para a causa do problema.

FIGURA 4-3 – FLUXOGRAMA - CORROSÃO



FONTE: O autor (2017).

O QUADRO apresenta a EAP desenvolvida com os procedimentos recomendados para a sequência do serviço.

QUADRO 4-7 – EAP 1 - CORROSÃO

Item	Descrição do serviço	Fonte
<b>3</b>	<b>CORROSÃO NO TABULEIRO - TRATAMENTO 03</b>	
	Tratamento convencional	
3.1	Delimitação da área de escarificação	O autor, 2017
3.2	Corte do concreto	TCPO (PINI)
3.3	Remoção do concreto deteriorado	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
3.4	Limpeza das armaduras	O autor, 2017
3.5	Proteção das armaduras (com tintas de alto teor de zinco)	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
3.6	Aplicação da ponte de aderência (base epóxi ou acrílica)	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
3.7	Preenchimento da cavidade do reparo (concreto, graute ou argamassa polimérica)	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
3.8	Concretagem em placas de 14 cm	TCPO (PINI)
3.9	Cura do material de reparo	O autor, 2017
3.10	Aplicação de proteção superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
<b>10</b>	<b>CORROSÃO PILARES - TRATAMENTO 10</b>	
	Reparo convencional	
10.1	Escoramentos (caso necessário)	TCPO (PINI)
10.2	Andaimes ou equipamentos elevatórios (caso necessário)	TCPO (PINI)
10.3	Delimitação da área de escarificação	O autor, 2017
10.4	Corte do concreto	TCPO (PINI)
10.5	Remoção do concreto deteriorado	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
10.6	Limpeza das armaduras	O autor, 2017
10.7	Proteção das armaduras (com tintas de alto teor de zinco)	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
10.8	Aplicação da ponte de aderência (base epóxi ou acrílica)	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
10.9	Preenchimento da cavidade do reparo (concreto, graute ou	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
10.10	Cura do material de reparo	O autor, 2017
10.11	Aplicação de proteção superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)

FONTE: O autor (2017).

Os tratamentos 3 e 10 são mais genéricos e, por esse motivo, podem ser aplicados quando a natureza é desconhecida. Na literatura, esses tratamentos podem ser denominados tratamentos convencionais ou paliativos. Ambos consistem na remoção do concreto corroído, limpeza e proteção das armaduras, além do preenchimento da cavidade do reparo com posterior aplicação superficial. Os tratamentos 3 e 10 são basicamente diferenciados pela dificuldade de acesso em pilares/vigas e pela possibilidade da realização de concretagem em placas, indicada no tratamento 3.

O fluxograma da FIGURA apresenta também os tratamentos 4, 5, 11 e 12, visando encontrar alternativas para a manutenção e recuperação das estruturas quando conhecida a natureza da manifestação patológica.

Os tratamentos 4 e 11, apresentados no QUADRO, consistem em uma técnica não destrutiva capaz de recarbonatar a estrutura de concreto, chamada realcanização. Esse método também pode ser usado de forma preventiva, ou seja, em estruturas sujeitas a corrosão ou em conjunto com os tratamentos 3 e 10.

QUADRO 4-8 – EAP 2 – CORROSÃO POR CARBONATAÇÃO

Item	Descrição do serviço	Fonte
<b>4</b>	<b>CORROSÃO - TRATAMENTO 04</b>	
	<b>Carbonatação</b>	
4.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Reabilitar)
4.2	Limpeza do substrato com utilização de solventes voláteis	Manual de reparo (Red Reabilitar)
4.3	Retirada de testemunho	Orçamento terceirizado
4.4	Análise da espessura carbonatada	O autor, 2017
4.5	Estabelecimento de conexões elétricas	O autor, 2017
4.6	Instalação de ânodo	O autor, 2017
4.7	Colocação de fibra de celulose com solução alcalina	O autor, 2017
4.8	Aplicação e monitoramento da corrente elétrica	O autor, 2017
4.9	Retirada de testemunho	Orçamento terceirizado
4.10	Análise da espessura carbonatada	O autor, 2017
4.11	Remoção do ânodo	O autor, 2017
4.12	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Reabilitar)
4.13	Aplicação de proteção superficial	Manual de reparo (Red Reabilitar)
<b>11</b>	<b>CORROSÃO PILARES - TRATAMENTO 11</b>	
	<b>Carbonatação</b>	
11.1	Escoramentos (caso necessário)	TCPO (PINI)
11.2	Andaimes ou equipamentos elevatórios (caso necessário)	TCPO (PINI) - A ser ajustada
11.3	Delimitação da área de escarificação	O autor, 2017
11.4	Corte do concreto	TCPO (PINI)
11.5	Remoção do concreto deteriorado	Manual de reparo (Red Reabilitar)
11.6	Limpeza das armaduras	O autor, 2017
11.7	Proteção das armaduras (com tintas de alto teor de zinco)	Manual de reparo (Red Reabilitar)
11.8	Aplicação da ponte de aderência (base epóxi ou acrílica)	Manual de reparo (Red Reabilitar)
11.9	Preenchimento da cavidade do reparo (concreto, graute ou	Manual de reparo (Red Reabilitar)
11.10	Cura do material de reparo	O autor, 2017
11.11	Aplicação de proteção superficial	Manual de reparo (Red Reabilitar)

FONTE: O autor (2017).

Os tratamentos 5 e 12, que constam no QUADRO , apresentam novamente uma técnica não destrutiva para remover os íons de cloreto responsáveis pela corrosão no concreto. Esse método, quando usado em conjunto com os tratamentos 3 e 10, pode aumentar a vida útil da estrutura reparada.

QUADRO 4-9 – EAP 3 - CORROSÃO POR CLORETOS

Item	Descrição do serviço	Fonte
<b>5</b>	<b>CORROSÃO - TRATAMENTO 05</b>	
	<b>Concreto deteriorado por ataque por cloretos</b>	
5.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
5.2	Limpeza do substrato com utilização de solventes voláteis	O autor, 2017
5.3	Retirada de testemunho	Orçamento terceirizado
5.4	Análise do teor de cloretos	Terceirizado
5.5	Estabelecimento de conexões elétricas	O autor, 2017
5.6	Instalação de ânodo	O autor, 2017
5.7	Coroação de barra de ferro com aspersão de água	O autor, 2017
5.8	Aplicação e monitoramento da corrente elétrica	O autor, 2017
5.9	Retirada de testemunho	Orçamento terceirizada
5.10	Análise do teor de cloretos	Terceirizado
5.11	Remoção do ânodo	O autor, 2017
5.12	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
5.13	Aplicação de proteção superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
<b>12</b>	<b>CORROSÃO PILARES - TRATAMENTO 12</b>	
	Ataque por cloretos	
12.1	Escoramentos ( <b>caso necessário</b> )	TCPO (PINI)
12.2	Andaimes ou equipamentos elevatórios ( <b>caso necessário</b> )	TCPO (PINI) - A ser ajustada
12.3	Reparo de armaduras corridas por ação de cloretos com argamassa ou concreto com adição de inibidores de	Manual de reparo (Red Rehabilitar)

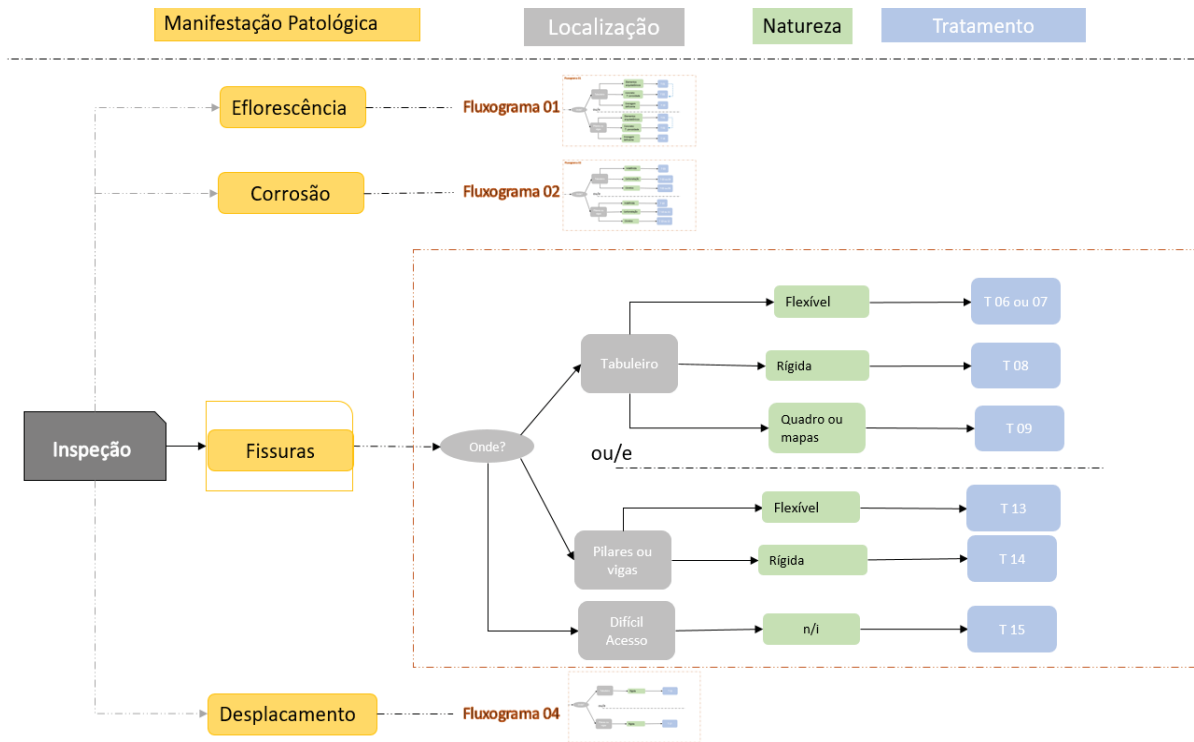
FONTE: O autor (2017).

As composições dos serviços indicados para reparo das patologias encontram-se nos APÊNDICES 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 30 e 32.

#### 4.2.4 Fissuras

As etapas até a escolha do tratamento para correção de fissuras são apresentadas no fluxograma da FIGURA . A natureza foi separada de acordo com a característica da fissura: (1) flexível, (2) rígida ou (3) mapeada.

FIGURA 4-4 – FLUXOGRAMA - FISSURAS



FONTE: O autor (2017).

Os tratamentos 6, 7 e 13, apresentados no QUADRO , consistem em soluções para o tratamento de fissuras flexíveis. Os tratamentos 6 e 13 são voltados para fissuras localizadas, utilizando material vedante para tratamento. O tratamento 7 apresenta uma solução para intervenção em tabuleiros fissurados com uma rápida liberação para tráfego.

QUADRO 4-10 – EAP FISSURAS FLEXÍVEIS

Item	Descrição do serviço	Fonte
<b>6</b>	<b>FISSURAS NO TABULEIRO - TRATAMENTO 06</b>	
	Fissuras com formulação flexível	
6.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
6.2	Abertura de cavidade superficial	O autor, 2017
6.3	Limpeza do substrato com jato de ar comprimido	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
6.4	Aplicação da ponte de aderência (base epóxi ou acrílica)	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
6.5	Aplicação de material vedante, mastique elástico de	TCPO (PINI) - A ser ajustada
6.6	Cura do material de reparo	O autor, 2017
<b>7</b>	<b>FISSURAS NO TABULEIRO - TRATAMENTO 07</b>	
	Fissuras com formulação flexível (Opção B) - Necessidade de cura rápida para liberação de tráfego	
7.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
7.2	Abertura de cavidade superficial	O autor, 2017
7.3	Limpeza do substrato com jato de ar comprimido	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
7.4	Aplicação de concreto com latéx modificado	O autor, 2017
7.5	Cura do material de reparo	O autor, 2017
<b>13</b>	<b>FISSURAS NOS PILARES - TRATAMENTO 13</b>	
	Fissuras com formulação flexível	
13.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
13.2	Abertura de cavidade superficial	O autor, 2017
13.3	Limpeza do substrato com jato de ar comprimido	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
13.4	Aplicação da ponte de aderência (base epóxi ou acrílica)	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
13.5	Aplicação de material vedante, mastique elástico de	TCPO (PINI) - A ser ajustada
13.6	Aplicação de proteção superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)

FONTE: O autor (2017).

Os tratamentos 8 e 14 relacionam o método de injeção de fissuras, conforme o QUADRO . Esse método consiste em inserir um material adesivo de propriedade viscosa, que, após endurecido, permite recuperar as propriedades das estruturas (HELENE; CASTRO-BORGES, 2005).

Item	Descrição do serviço	Fonte
<b>8</b>	<b>FISSURAS NO TABULEIRO - TRATAMENTO 08</b>	
	Fissuras com formulação rígida	
8.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
8.2	Abertura de cavidade superficial	O autor, 2017
8.3	Execução de furos com $\emptyset 3/4$ , $h \leq 3$ cm, para ancoragem	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
8.4	Limpeza do substrato com jato de ar comprimido	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
8.5	Injeção com adesivo à base de epóxi bicomponente	Manual de reparo (Red Rehabilitar) e TPCO
8.6	Aplicação de proteção superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
<b>14</b>	<b>FISSURAS PILARES - TRATAMENTO 14</b>	
	Fissuras com formulação rígida	
14.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
14.2	Abertura de cavidade superficial	O autor, 2017
14.3	Execução de furos com $\emptyset 3/4$ , $h \leq 3$ cm, para ancoragem	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
14.4	Limpeza do substrato com jato de ar comprimido	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
14.5	Injeção com adesivo à base de epóxi bicomponente	Manual de reparo (Red Rehabilitar) e TPCO
14.6	Aplicação de proteção superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)

FONTE: O autor (2017).

O QUADRO apresenta o tratamento 9, que corresponde a uma solução de reparo para o quadro de fissuras.

QUADRO 4-12 – EAP FISSURAS MAPEADAS

Item	Descrição do serviço	Fonte
<b>9</b>	<b>FISSURAS NO TABULEIRO - TRATAMENTO 09</b>	
	Quadro de fissuração	
9.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
9.2	Tratamento de microfissuras por silicatização ou fluossilicatização	Manual de reparo (Red Rehabilitar)

FONTE: O autor (2017).

O tratamento 15 apresenta um método não usual e pioneiro, que utiliza bactérias para o tratamento de fissuras. A solução, apresentada no QUADRO , é indicada para casos de reparos em áreas com dificuldade de acesso e manutenção.

QUADRO 4-13 – EAP FISSURAS COM DIFICULDADE DE ACESSO

Item	Descrição do serviço	Fonte
<b>15</b>	<b>FISSURAS NOS PILARES - TRATAMENTO 15</b>	
	Áreas com dificuldade de acesso e manutenção	
15.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
15.2	Abertura de cavidade superficial	O autor, 2017
15.3	Uso de bactérias para selagem das fissuras	O autor, 2017
15.4	Monitoramento	O autor, 2017

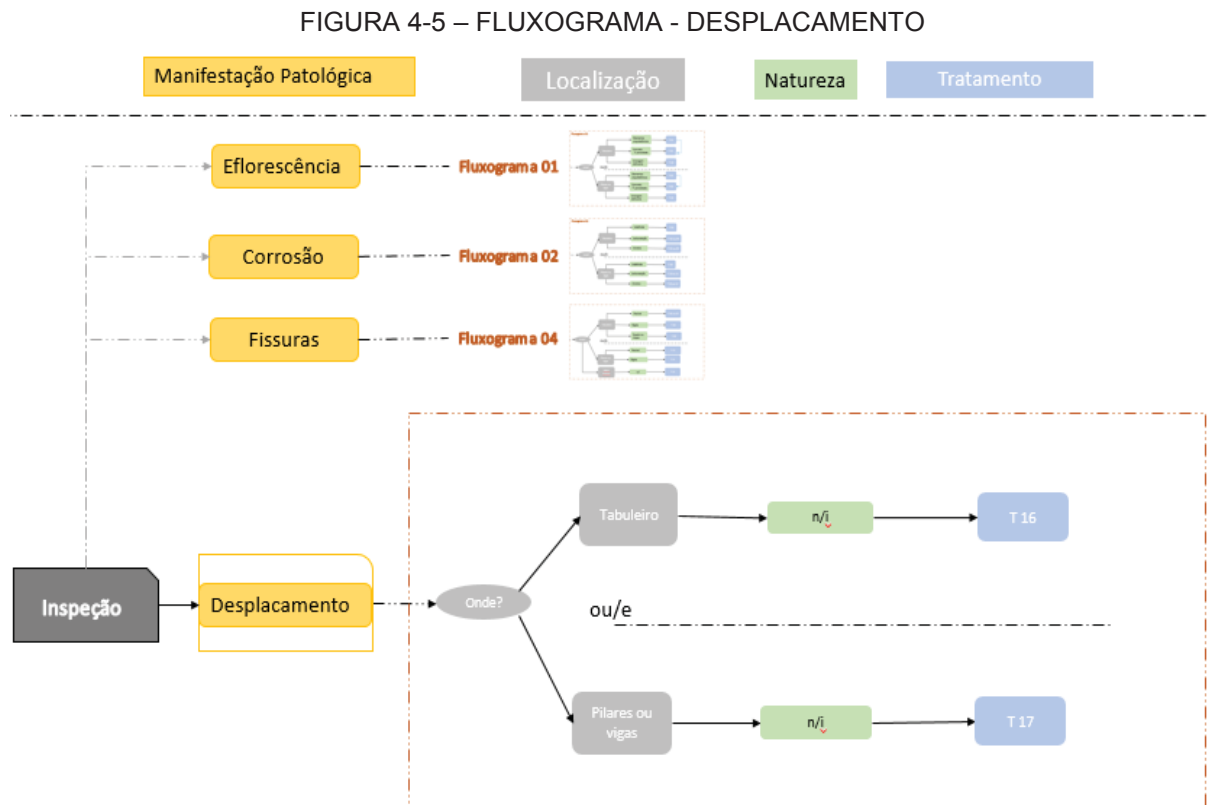
FONTE: O autor (2017).

As composições dos serviços indicados para reparo das patologias encontram-se nos APÊNDICES 5, 12, 13, 16, 20, 22, 24, 25, 29, 32 e 33.



#### 4.2.5 Deslocamento do tabuleiro

O fluxograma desenvolvido para o deslocamento, FIGURA 4-5, apresenta dois tratamentos diferenciados pela localização da manifestação patológica.



FONTE: O autor (2017).

O QUADRO apresenta soluções definitivas para o tratamento de deslocamentos pontuais. A inspeção através do teste de percussão é indicada para ser realizada previamente à recuperação, visando a avaliação da estrutura no entorno do deslocamento. Esse serviço tem como objetivo identificar pontos passíveis de deslocamento a curto prazo, que devem ser recuperados o mais rápido possível. A patologia pode ter como causa corrosão ou exsudação, no entanto as soluções encontradas na bibliografia são similares e estão apresentadas na EAP do QUADRO .

As composições dos serviços indicados para reparo das patologias encontram-se nos APÊNDICES 5, 15, 18, 20, 21 e 30.

QUADRO 4-14 – EAP - DESPLACAMENTO

Item	Descrição do serviço	Fonte
<b>16</b>	<b>DESPLACAMENTO NO TABULEIRO - TRATAMENTO 16</b>	
16.1	Teste de percussão	O autor, 2017
16.2	Corte do concreto	TCPO (PINI)
16.3	Remoção do concreto deteriorado	Manual de reparo (Red Reabilitar)
16.4	Aplicação da ponte de aderência (base epóxi ou acrílica)	Manual de reparo (Red Reabilitar)
16.5	Preenchimento da cavidade do reparo (concreto, graute ou argamassa polimérica)	Manual de reparo (Red Reabilitar)
16.6	Cura do material de reparo	O autor, 2017
16.7	Aplicação de proteção superficial	Manual de reparo (Red Reabilitar)
<b>17</b>	<b>DESPLACAMENTO NOS PILARES - TRATAMENTO 17</b>	
17.1	Teste de percussão	O autor, 2017
17.2	Escoramentos ( <i>caso necessário</i> )	TCPO (PINI)
17.3	Andaimes ou equipamentos elevatórios ( <i>caso necessário</i> )	TCPO (PINI) - A ser ajustada
17.4	Corte do concreto	TCPO (PINI)
17.5	Remoção do concreto deteriorado	Manual de reparo (Red Reabilitar)
17.6	Aplicação da ponte de aderência (base epóxi ou acrílica)	Manual de reparo (Red Reabilitar)
17.7	Preenchimento da cavidade do reparo (concreto, graute ou argamassa polimérica)	Manual de reparo (Red Reabilitar)
17.8	Cura do material de reparo	O autor, 2017
17.9	Aplicação de proteção superficial	Manual de reparo (Red Reabilitar)

FONTE: O autor (2017).

### 4.3 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DELPHI

O questionário, que compõe a 5.<sup>a</sup> etapa da pesquisa, foi elaborado com o objetivo de coletar informações com especialistas da área e avaliar o resultado da EAP estruturada.

#### 4.3.1 Considerações dos especialistas

Inicialmente foi apresentada para avaliação dos especialistas a primeira versão das EAPs. O segundo item avaliado foi a forma de seleção das composições de custos, com o objetivo de obter sugestões para determinação da fonte de dados. Na sequência, o tema avaliado foi a determinação das constantes de consumo.

Com base na EAP apresentada, os entrevistados responderam a respeito da organização, técnicas abordadas e soluções que deveriam ser incluídas para a melhoria.

No primeiro ciclo do método Delphi, todos os especialistas compreenderam as soluções apresentadas e consideraram a EAP organizada, porém três concordaram em parte com as soluções de manutenção/recuperação descritas na EAP. Os especialistas apresentaram soluções para a melhoria da planilha apresentada. Os principais comentários foram:

- Por se tratar de procedimento genérico, apresenta as atividades de maneira lógica e organizada, mas alguns procedimentos merecem adaptação. Por exemplo: quando se fala em corrosão, há que se caracterizar o tipo predominante - se por carbonatação ou por cloretos -, já que os procedimentos serão diferentes para cada caso. Às vezes a sobrevida mais econômica da estrutura pode ser obtida inibindo o agente causador (água, CO<sub>2</sub> ou oxigênio).
- Algumas das sugestões indicadas são muito gerais, podendo suscitar dúvidas de execução. Talvez devesse haver mais de uma possibilidade ou escolha com mais de uma opção para alguns casos. Por outro lado, as sugestões são cotidianas.
- Seria interessante a presença de propostas mais inovadoras para as providências.
- A EAP deveria ser apresentada em forma de fluxograma.
- Pontes de aderência não são necessárias em todos os casos, apenas em casos especiais, como os muito agressivos (para melhorar a zona de transição) ou com fortes correntes de água, por exemplo. A tecnologia das argamassas de reparo modificadas com polímeros permite aplicação sem essa etapa.
- Pode-se dar mais atenção à solução das causas dos problemas - por exemplo: drenagem ineficiente pode não ser apenas devido a sujeiras, mas a pouco caimento para os ralos. Na questão da eflorescência, está sendo tratado o sintoma, mas, caso não haja uma boa impermeabilização, o problema irá voltar.
- Um dos especialistas apontou a ineficiência e até mesmo a deterioração precoce de estruturas reparadas com base de zinco para proteção das armaduras.

As considerações feitas pelos especialistas estão contempladas na EAP e nos fluxogramas apresentados nesta pesquisa.

#### 4.3.1.1 Criação das composições de custos

Neste tópico, questionou-se qual a melhor fonte para consulta de composições. Com base na sua experiência, 87,5% dos especialistas acreditam que se deve utilizar múltiplas fontes de dados para a formatação das composições de custos. GRÁFICO apresenta a opinião dos especialistas:

GRÁFICO 4-2 – RESULTADO DAS FONTES DE COMPOSIÇÕES



FONTE: O autor (2017).

Um dos especialistas acredita que a base de dados de empresas especializadas da área é de fundamental importância para a formatação das composições de custos e deve ser a única fonte para obtenção de dados.

Outro especialista sugeriu a obtenção de dados através de experimentos em laboratórios e ressaltou a necessidade de uma análise criteriosa antes da utilização de índices prontos para serviços de recuperação.

Foi ressaltado por um entrevistado que laudos com informações mais precisas – como, por exemplo, índices de esclerometria, pH do concreto e potencial de corrosão – auxiliam na elaboração do orçamento de recuperação e manutenção de pontes e viadutos.

Outro quesito verificado foi a respeito das características dos insumos presentes nas composições. Nesse quesito, a pergunta foi: caso algum insumo esteja presente em uma fonte, deve ser considerado necessário para o processo durante a fase de orçamento?

O resultado dessa questão indicou que 87,5% dos especialistas acreditam ser prudente a consideração de todos os insumos apresentados pelas bases de dados.

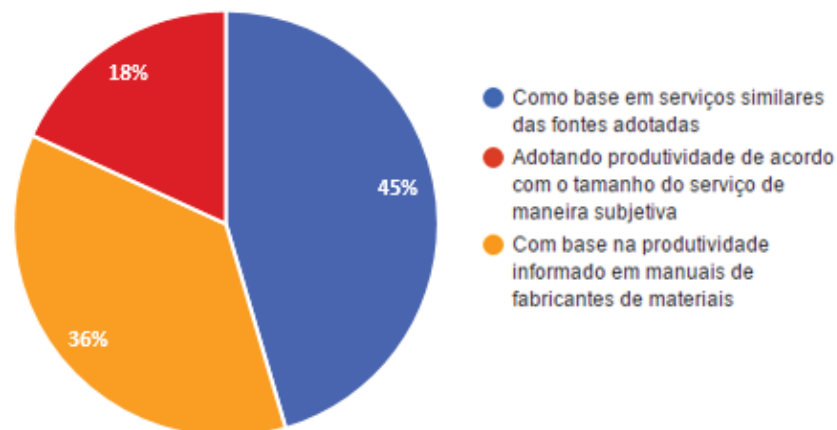
É importante ressaltar que a orientação dos especialistas é que as características dos insumos são muito influenciadas pelas informações de catálogo ou bulas de materiais aplicados.

Os especialistas também foram consultados a respeito de utilizar manuais de fornecedores para obtenção das constantes de consumo nas composições. Para esse

item, a resposta foi unânime: deve ser utilizado. Ressaltou-se a importância de não misturar produtos de fabricantes diversos, por risco de incompatibilidade.

Na sequência foi consultada a opinião dos entrevistados para avaliar a possibilidade de arbitrar as constantes de consumo de mão de obra. O GRÁFICO ilustra as respostas à seguinte pergunta: Como devem ser inseridas as constantes de consumo para os insumos de mão de obra?

GRÁFICO 4-3 – CONSTANTES DE CONSUMO DE MÃO DE OBRA



FONTE: O autor (2017).

De acordo com os especialistas, estudos sobre a mão de obra carecem de profundidade científica, sendo importante na previsão de pesquisas futuras que ações de laboratório e de supervisão em campo sejam adotadas para providenciar os dados faltantes nessa análise. Em geral os especialistas ressaltam o cuidado e atenção que o orçamentista deve ter com índices prontos. Destaca-se a importância de analisar particularidades de cada obra.

Por fim, foi analisada a possibilidade de utilizar a teoria da faixa de produtividade com as variações apresentadas pela obtenção dos dados através de três fontes diferentes. Somente 12,5% dos entrevistados acreditam que não devem ser utilizadas tais variações para a criação das composições de custos.

#### 4.4 REVISÕES E CONSIDERAÇÕES ADOTADAS APÓS A APLICAÇÃO DO MÉTODO DELPHI

Após a análise das respostas dos especialistas, constatou-se a necessidade de elaborar fluxogramas para a apresentação da EAP inserindo novas soluções técnicas e composições de custos.

Uma das recomendações dos especialistas foi o acréscimo de soluções preventivas para tratamento da corrosão de tabuleiros e pilares. Assim, a EAP proposta foi revisada, apresentando-se duas soluções não convencionais para o tratamento, focadas na natureza da causa.

Ambas as soluções são consideradas não tradicionais e possuem uma metodologia menos destrutiva. Esses métodos começaram a ser desenvolvidos em 1980 pela empresa Fosroc e são muito utilizados em pontes e viadutos na Europa e América Central (EGGERS, OLIVEIRA, 1997; MONTEIRO, 2002).

Outro aperfeiçoamento da EAP está relacionado na FIGURA e consiste em uma proposta de solução para o tratamento de fissuras com a aplicação de látex modificado no concreto. A capacidade de endurecer o concreto com pouco tempo é uma ótima alternativa para reparos em tabuleiros devido à rápida liberação do tráfego (WEYERS et al., 1993; VAL; STEWART; MELCHERS, 1998).

Outra modificação adicionada é a proposta de utilização de bactérias, FONTE: **O autor (2017)**.

**FIGURA**, que possibilita uma nova solução de reparo, principalmente em áreas com dificuldade de manutenção. A técnica se mostrou de extrema eficiência para a melhoria da porosidade do concreto, porém a solução necessita de mais estudos na área de durabilidade (TITTELBOOM et al., 2010).

De acordo com Tittelboom et al. (2010), a bactéria *Bacillus cohnii* pode ser encontrada no solo, areia e minerais, e possui a capacidade de recarbonatar o concreto.

Com o objetivo de complementar o trabalho, as sugestões apresentadas pelos especialistas foram aceitas e incluídas nesta pesquisa.

FIGURA 4-6 – FISSURAS NO TABULEIRO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO COM LÁTEX MODIFICADO

Item	Descrição do serviço	Fonte
<b>7</b>	<b>FISSURAS NO TABULEIRO - TRATAMENTO 07</b>	
	Fissuras com formulação flexível (Opção B) - Necessidade de cura rápida para liberação de tráfego	
7.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
7.2	Abertura de cavidade superficial	O autor, 2017
7.3	Limpeza do substrato com jato de ar comprimido	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
7.4	Aplicação de concreto com látex modificado	O autor, 2017
7.5	Cura do material de reparo	O autor, 2017

FONTE: O autor (2017).

FIGURA 4-7 – UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PARA A SELAGEM DAS FISSURAS

Item	Descrição do serviço	Fonte
<b>15</b>	<b>FISSURAS NOS PILARES - TRATAMENTO 15</b>	
	Áreas com dificuldade de acesso e manutenção	
15.1	Limpeza superficial	Manual de reparo (Red Rehabilitar)
15.2	Abertura de cavidade superficial	O autor, 2017
15.3	Uso de bactérias para a selagem das fissuras	O autor, 2017
15.4	Monitoramento	O autor, 2017

FONTE: O autor (2017).

#### 4.5 QUADRO DE PRODUTOS

Durante o processo de construção da EAP, foi realizado um levantamento – apresentado no QUADRO – de produtos apropriados para os serviços relacionados e adequados para a manutenção e recuperação de estruturas de concreto armado. Ressalta-se que nesta pesquisa não se realizou nenhum teste nos produtos selecionados e não houve nenhuma relação com os fabricantes: apenas se utilizaram os catálogos disponíveis para avaliação dos serviços e composições de custos.

QUADRO 4-15 – PRODUTOS RELACIONADOS

Descrição do serviço	Produtos	
	Opção A	Opção B
Selagem de fissuras	Anchorfill WS (Espuma)	Sika® Injection 101 RC
Aplicação de hidrofugante	Dekguard S CZ CONCRETO	BASF - Masterprotect H302
Proteção das armaduras (com tintas de alto teor de zinco)	N-1261 Wash Primer Cromato de Zinco	Vedacit - ARMATEC ZN
Aplicação da ponte de aderência (base epóxi ou acrílica)	Zentrifix KMH	Sika® Sikadur32gel
Aplicação de proteção superficial	Vedacit - Curing	BASF - Masterprotect 8065CP
Limpeza do substrato com utilização de solventes voláteis	Éter	Solvetheme TMM-708
Instalação de ânodo	Metal de sacrifício	Grelha inoxidável
Colocação de fibra de celulose com solução alcalina aspergida	KOH - Tricomponente	Macrofibra FF54 PRO
Colocação de fibra de celulose com água aspergida	Bidim convencional	Macrofibra FF54 PRO
Aplicação de material vedante, mastique elástico de consistência pastosa	Vedacit - Veda Flex	Brafix - Silicone superflex 595
Cura do material de reparo	Bidim convencional	Macrofibra FF54 PRO
Execução de furos com $\Theta$ 3/4, h $\leq$ 3 cm, para ancoragem química	Fischer - FIS EM	Tecfix EP Quartzolit
Injeção com adesivo à base de epóxi bicomponente	Viapxi - injeção	Bautech EP injeção
Tratamento de microfissuras por silicatação ou fluorossilicatação	KURE-N-HARDEN®	ASHFORD
Preenchimento da cavidade do reparo (argamassa ou graute)	Weber - Reparo Estr. - Quartzolit	Viapol - Viagraute
Reparo de armaduras corroídas por ação de cloretos com argamassa ou concreto com adição de inibidores de corrosão	Inibidor Mix	BASF - Master Emaco P122
Reparos em bordas de juntas de expansão executados com argamassa epóxi para espessuras de até 1,5 cm	MasterFlow 211	Viagraute Epóxi

FONTE: (PRODUTEC, [s.d.]) (SIKA, 2011) (FOSROC, [s.d.]) (BASF, [s.d.]) (PERFOTEX, [s.d.]) (MC BAUCHEMIE, [s.d.]) (VEDACIT, [s.d.]) (BASF, 2003) (ECOSALVO, [s.d.]) (VEDACIT, [s.d.]) (VEDACIT, [s.d.]).

#### 4.6 COMPOSIÇÕES DE CUSTOS DA EAP

Com base na metodologia proposta por Marchiori (2009), foram analisadas as três fontes para coleta das composições de custos, sendo selecionadas as que mais se enquadravam nos procedimentos descritos e relacionados na EAP.

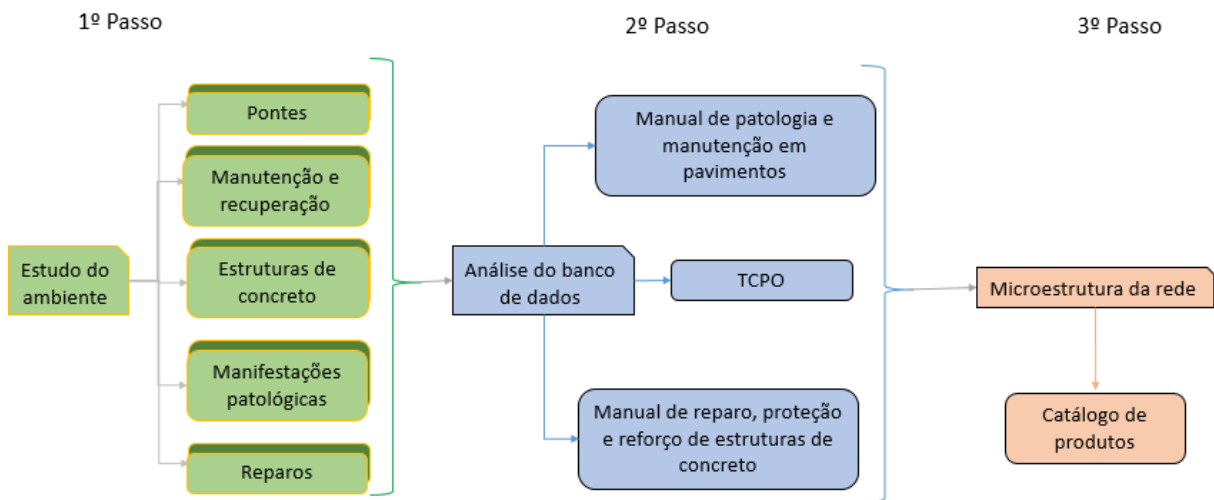
- Insumos: verificados através das três fontes. Insumos presentes em uma fonte foram considerados como necessários ao processo, mesmo que não aparecessem nas demais fontes. Para os materiais sugeridos, buscou-se em manuais de fornecedores opções de produtos similares aos indicados nas composições para serem empregados nas soluções propostas.
- Mão de obra: conforme fontes de pesquisa. Foi desconsiderado o custo para treinamento da mão de obra;
- Equipamentos: procurou-se informar e descrever os principais equipamentos utilizados durante os serviços relacionados.



Foram desenvolvidas 34 composições de custos de serviços de reparos, a fim de atender a demanda da recuperação das patologias identificadas em pontes e viadutos de concreto armado.

Para exemplificar a sequência de estruturação das composições de custos, foi elaborada a FIGURA e foram apresentados dois exemplos das composições estruturadas. As demais composições encontram-se nos APÊNDICES de 1 a 34.

FIGURA 4-8 – CRIAÇÃO DE COMPOSIÇÕES



FONTE: O autor (2017).

#### 4.7 COMPOSIÇÃO - PINTURA HIDROFUGANTE – EXEMPLO 1

A composição pintura hidrofugante foi extraída do *Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto*, e foram mantidas as constantes de consumo para os itens de mão de obra e equipamentos. Para o consumo do material de silicone à base de água, consultou-se o catálogo dos produtos indicados no quadro de produtos – Dekguard S CZ e Masterprotect H302. O consumo apresentado na ficha técnica indica um rendimento de 0,2 a 0,35 l/m<sup>2</sup>, ao contrário de 0,5 l/m<sup>2</sup>, apresentado no *Manual*. Destacam-se em vermelho na FIGURA os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

FIGURA 4-9 – COMPOSIÇÃO - PINTURA HIDROFUGANTE

PINTURA HIDROFUGANTE [m <sup>2</sup> ]		
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.
<b>Mão de obra</b>		
Ajudante	h	0,1
Pintor	h	0,2
Encargos	%	129
Subtotal mão de obra (A)		
<b>Material de consumo</b>		
Hidrofugante à base de água	L	0,2 - 0,35
Subtotal materiais (B)		
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>		
Broxa	pç.	0,0125
Pincel de 2``	pç.	0,0125
Vassoura de pelo	pç.	0,0125
Subtotal ferramentas / equipamentos (C)		
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )		

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

#### 4.8 COMPOSIÇÃO PARA SELAGEM DE FISSURAS – EXEMPLO 2

A composição para selagem de fissuras foi extraída do serviço da TCPO selagem em juntas estruturais. Para o consumo do material de silicone à base de água, foi consultado o catálogo dos produtos indicados no quadro de produtos – Anchorfill WS (Espuma) e Sika® Injection 101 RC. Para a determinação do consumo, utilizou-se a ficha técnica apresentada na FIGURA .

FIGURA 4-10 – CONSUMO DE SELAGEM DE FISSURAS

##### Consumo Aproximado.

Largura da junta (mm)	10	15	20	25	30
Profundidade da junta (mm)	10	10	10	12	15
Cumprimento da Junta / 600 ml (m)	6	4	3	2	1.3

Delimitador de Profundidade: Utilize somente delimitadores de profundidade de polietileno de célula fechada

FONTE: SIKA, 2011.

Após o tratamento dos coeficientes, foi determinado o consumo máximo e o mínimo, estes variando de acordo com a espessura da fissura, conforme mostra a

FIGURA . Destacam-se em vermelho na FIGURA os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

FIGURA 4-11 – SELAGEM DE FISSURAS

SELAGEM DE FISSURAS [m]		
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF
<b>Mão de obra</b>		
Ajudante	h	0,25
Oficial	h	0,2
Encargos	%	129
Subtotal mão de obra (A)		
<b>Material de consumo</b>		
Disco de lixa	und	0,25
Disco de borracha	und	0,025
Selante de poliuretano	ml	100 - 460
Subtotal materiais (B)		
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>		
Aplicador de silicone tubular	h	0,3
Luvas de proteção	pç.	0,005
Óculos de proteção	pç.	0,002
Subtotal ferramentas / equipamentos (C)		
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )		

FONTE: Adaptado de TCPO (2014).

Ressalta-se que algumas variáveis não foram analisadas para a formatação das composições criadas nesta pesquisa, tais como: localização da obra, localização da manifestação patológica, região do país, disponibilidade de energia e água na área de reparo. Dessa forma, destaca-se a necessidade de checar as constantes de consumo em diferentes cenários de obra, visando a verificação das constantes de consumo de mão de obra para manutenção de pontes e viadutos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo a elaboração de uma EAP para a descrição dos procedimentos de recuperação das principais manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto armado, visando o aprimoramento do processo de orçamentação de manutenção.

A fim de atender ao primeiro objetivo específico, foram identificadas as principais manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto armado, que são: (1) eflorescências e/ou infiltrações, (2) corrosão no tabuleiro, (3) fissuras no tabuleiro, (4) corrosão nos pilares, (5) fissuras nos pilares, (6) deslocamento no tabuleiro, (7) deslocamento nos pilares, (8) drenagem deficiente, (9) juntas deficientes e (10) carbonatação.

Com base na frequência com que as manifestações patológicas citadas aparecem na bibliografia, conclui-se que o tabuleiro é a primeira estrutura a sofrer degradação em pontes e viadutos de concreto armado. Outro ponto observado é a progressão das manifestações patológicas, que acontece da seguinte maneira: iniciam com eflorescência, seguem para corrosão, depois fissuras e, finalmente, deslocamento do concreto. Tal sequência indica a evolução da degradação, ilustrando a falha de gerenciamento nas pontes e viadutos de concreto armado, o que tem como consequência o aumento do custo para a manutenção da vida útil.

Na sequência, atendendo a outro objetivo específico, foram apresentadas soluções para a manutenção dos problemas apontados.

Constatou-se, após a elaboração das EAPs, que as soluções de manutenção e recuperação para pontes e viadutos em estrutura de concreto armado podem ser organizadas por meio de uma EAP. Conclui-se, ainda, com base na técnica Delphi, que a apresentação das EAPs em forma de fluxograma pode auxiliar o gestor de manutenção a administrar melhor os contratos de manutenção de pontes e viadutos de concreto armado, uma vez que os tratamentos devem ser diferenciados de acordo com a causa da manifestação patológica e as etapas de deterioração da estrutura.

Posteriormente, foram relacionados produtos específicos para a manutenção de estruturas de concreto, contendo informações que auxiliarão os orçamentistas da área. Ressalta-se que, nesta pesquisa, puderam ser observadas divergências no consumo entre os materiais informados pelos fabricantes em 2017 e os apresentados em manuais em 2005.

Identificou-se, através da pesquisa, uma base de dados para manutenção e recuperação de pontes e viadutos de concreto carente e sem fontes específicas. Percebe-se a necessidade da criação e retroalimentação de composições específicas para manutenção de pontes e viadutos. Sugere-se, como sequência do trabalho, o controle das constantes de consumo durante a execução dos serviços de recuperação propostos, visando a avaliação e revisão das variáveis determinadas.

Um desafio a curto prazo para o tema abordado é a formatação de cadernos de encargos específicos para serviços de recuperação em pontes e viadutos de concreto, a fim de determinar os critérios de qualidade, medição e controle dos serviços propostos. Indica-se, como forma de contratação dos serviços, o formato utilizado na Europa e nos Estados Unidos, denominado RM (*rehabilitation / maintenance*), como uma solução de médio prazo para o Brasil, visando conter a degradação das estruturas.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, G. da S.; ARAÚJO, N. M. C. de. Composições de custos unitários: TCPO x apropriação in loco. **Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. V CONNEPI**. Maceió, 18 nov. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721**: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452**: Vistorias de pontes e viadutos de concreto. Rio de Janeiro, 2012.
- ANASTASOPOULOS, C. P. et al. Contracting in highway maintenance and rehabilitation: are spatial effects important? **Transportation Research Part A**, v. 44, n. 3, p. 136-146, 2010.
- AZEVEDO, R. C. de et al. Avaliação de desempenho do processo de orçamento: estudo de caso em uma obra de construção civil. **Ambiente Construído (Online)**, v. 11, n. 1, p. 85-104, 2011.
- AZEVEDO, R. C. de et al. Modelo para avaliação de desempenho: aplicação em um orçamento de uma obra de construção civil. **Produção**, v. 23, n. 4, p. 705-722, 2013.
- BASF. **Catálogo**. Disponível em: <<https://www.master-builders-solutions.basf.com.br/pt-br/products/masterprotect/2113>>. Acesso em: 7 jan. 2017a.
- BASF. **Ficha técnica**. Disponível em: <<https://www.master-builders-solutions.basf.com.br/pt-br/products/masteremaco/2052>>. Acesso em: 10 jan. 2017b.
- BASF. **Ficha técnica**. Disponível em: <<https://www.master-builders-solutions.basf.com.br/pt-br/products/masterseal/1054>>. Acesso em: 10 jan. 2017c.
- BASF. **Technical data guide**. Disponível em: <<https://assets.master-builders-solutions.basf.com/Shared Documents/EB Construction Chemicals - US/Construction Systems/Data Guides/MasterProtect/basf-masterprotect-8065-8105-8150-cp-tds.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2017.
- BASHEER, P. A. M.; CHIDIAC, S. E.; LONG, A. E. Predictive models for deterioration of concrete structures. **Construction and Building Materials**, v. 10, n. 1, Spec. Iss., p. 27-37, 1996.
- BAZANELLI, A. C. D. R. **Uma nova abordagem do orçamento na construção civil frente à filosofia gerencial do pensamento enxuto**. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BRANCO, F.; PAULO, P.; GARRIDO, M. Boletín Técnico - Vida útil na construção civil. **Alconpat Internacional**, v. 4, p. 1-20, 2013.

BRASIL. Tribunal de Contas da União 003.134/2011-3. **Sessão Plenária**. Brasília, 28 mar. 2011.

BRERETON, P. et al. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. **Journal of Systems and Software**, v. 80, n. 4, p. 571-583, 2007.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto**. Goiânia: UFG, São Paulo: Pini, 1997.

CHASSIAKOS, A. P.; VAGIOTAS, P.; THEODORAKOPOULOS, D. D. A knowledge-based system for maintenance planning of highway concrete bridges. **Advances in Engineering Software**, v. 36, n. 11-12, p. 740-749, 2005.

CRAMER, S. D. et al. Corrosion prevention and remediation strategies for reinforced concrete coastal bridges. **Cement and Concrete Composites**. v. 24, p. 101-117, 2002.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Tradução de: Luciana de Oliveira da Rocha. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CUSTÓDIO, S. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 010/2004: Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido: procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

ECOSALVO. **Catálogo**. Disponível em: <<https://www.ecoalvo.com.br/shop/solventes-alternativos/solvethene-rmm-708-1kg/>>. Acesso em: 17 jan. 2017.

EGGERS, M.; OLIVEIRA, P. S. F. de. Novas técnicas eletroquímicas de recuperação de estruturas de concreto: realcalinização e dessalinização (extração de cloretos). In: IV Congresso Iberoamericano de Patologia das Construções (CONPAT 97). **Anais**, v. 2, p. 215-222, 1997.

EL-REEDY, M. A. **Advanced Materials and Techniques for Reinforced Concrete Structures**. Cairo, Egypt: Taylor & Francis Group, 2009.

ENSSLIN, L.; DUTRA, A.; ENSSLIN, S. R. MCDA: a constructivist approach to the management of human resources at a governmental agency. **International Transactions in Operational Research**, v. 7, n. 1, p. 79-100, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-3995.2000.tb000186x>>. Acesso em 17 jan. 2017.

ESTES, A. C.; FRANGOPOL, D. M. Minimum expected cost-oriented optimal maintenance planning for deteriorating structures: application to concrete bridge decks. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 73, n. 3, p. 281-291, 2001.

FIGUEIREDO, E. J. P. **Terapia das construções de concreto: metodologia de avaliação de sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto.** 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Escola de Engenharia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

FOSROC. **Catálogo.** Disponível em: <[http://www.noblecorp.net/data/06-protective\\_coatings/Dekguard S.pdf](http://www.noblecorp.net/data/06-protective_coatings/Dekguard_S.pdf)>. Acesso em: 7 jan. 2017.

FURUSAKA, S. et al. New approximate estimation system of building using neural network. CIB W 55 E W65 **Joint Triennial Symposium.** Editors: Bowen, P., Hindle, R. Cape Town. 1999. p. 870-878.

GALLAGHER, K. A. Concrete bridge deterioration research into the problem by the TRRL. **Construction and Building Materials**, v. 3, n. 4, p. 184-190, 1989.

GJØRV, O. E. **Durability design of concrete structures in severe environments.** In: Estados Unidos e Canadá: Taylor & Francis Group, 2009.

HABERT, G. et al. Cement & concrete composites lowering the global warming impact of bridge rehabilitations by using ultra high performance fibre reinforced concretes. **Cement and Concrete Composites**, v. 38, p. 1-11, 2013.

HAO, D.; ZHOU, W.; KUN, L. Fiber reinforced polymer patching binder for concrete pavement rehabilitation and repair. **Construction and Building Materials**, v. 48, p. 325-332, 2013.

HELENE, P.; CASTRO-BORGES, P. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto armado.** São Paulo: Red Rehabilitar, 2005.

HELENE, P. R. L. **Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto armado.** **Ambiente Construído**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 45-57, jul./dez. 1997.

HENKEL LOCTITE. **Folha de dados técnicos.** Disponível em: <<http://brafix.com.br/ft/595.PDF>>. Acesso em: 9 jan. 2017.

HOVER, K. C. Special problems in evaluating the safety of concrete bridges and concrete bridge components. **Construction and Building Materials**. v. 10, n. 1, p. 39-43, 1996.

HUSNI, R. Reparación y refuerzo. **Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción**, Boletín Técnico 2, Mérida. México, p. 1-21, 2013.

LANER, F. J. **Manifestações patológicas nos viadutos, pontes e passarelas do Município de Porto Alegre.** 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Escola de Engenharia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.



LIMA, J., BRITO, J., Classificação das juntas de dilatação em obras de arte rodoviárias Portuguesas. **Revista Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.14, p. 31-41, 2009.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MARCHAND, J.; SAMSON, E. Cement & concrete composites predicting the service-life of concrete structures: limitations of simplified models. **Cement and Concrete Composites**, v. 31, n. 8, p. 515-521, 2009.

MARCHIORI, F. F. **Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composições de custo para orçamentação de obras de edificações**. 237 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MATTOS, A. D. Gestão de orçamento na construção civil. **Mundo PM**, v. 16, ago. 2007.

\_\_\_\_\_. **Como preparar orçamentos de obras**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2014.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à administração**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MC BAUCHEMIE. **Manual**. Disponível em: <[http://www.mc-bauchemie.com.br/wp-content/uploads/2013/10/folder-sistemas-de-reparo\\_web4.pdf](http://www.mc-bauchemie.com.br/wp-content/uploads/2013/10/folder-sistemas-de-reparo_web4.pdf)>. Acesso em: 7 jan. 2017.

MEDEIROS, M. H. F. de. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos com proteção superficial frente à ação de íons cloretos**. 218 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

METHA, K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracom, 2014.

MILANI, C. J.; KRIPKA, M. A identificação de patologias em pontes de madeira: diagnóstico realizado no sistema viário do Município de Pato Branco – Paraná. Identification of pathologies on wooden bridges of road system: diagnosis made in the city of Pato Branco – Paraná. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 4, 2012.

MONTEIRO, E. C. B. **Avaliação do método de extração eletroquímica de cloretos para reabilitação de estruturas de concreto com problemas de corrosão de armaduras**. 229 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MORENO, A. D. V. et al. Diagnosis and rehabilitation of a Mexican Pier. **Concrete under severe conditions**, v. 2, p. 1093-1100, 2010.

MUIANGA, E. A. D.; GRANJA, A. D.; RUIZ, J. de A. Desvios de custos e prazos em empreendimentos da construção civil: categorização e fatores de influência. **Ambient. Constr.** [online]. vol. 15, n. 1, p. 79-97, 2015.

MÜLLER, R. **Critérios para o planejamento e execução de recuperações em pontes e viadutos rodoviários no Estado do Paraná**. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

NAKAMURA, J. **Téchne**. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/98/artigo287372-1.aspx>>. Acesso em: 30 jul. 2016.

OTERO, J. A. Uso de modelos paramétricos em estimativas de custo para construção de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 1998, Niterói. **Anais...** Niterói, 1998.

PADOVEZE, C. L.; BENEDICTO, C. G. **Análise das demonstrações financeiras**. 2. ed. São Paulo: Thomson, 2004.

PERFOTEX. **Boletim técnico**. Disponível em: <<http://www.perfortex.com.br/detalhe2.php?id=162&idB=33>>. Acesso em: 7 jan. 2017.

PFEIL, W. **Pontes em concreto armado**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1993.

POLDER, R. B.; PEELEN, W. H. A.; COURAGE, W. M. G. Non-traditional assessment and maintenance methods for aging concrete structures: technical and non-technical issues. **Materials and Corrosion**, n. 12, p. 1147-1153, 2012.

PRODUTEC. **Grupo Produtec**. Disponível em: <<http://www.grupoprodutec.com.br/produtos3.php>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

REDMOND, D. F. et al. Modelling of the deterioration and maintenance of concrete structures. **European Journal of Operational Research** 99, p. 619-631, 1997.

REJUNTAMIX. Disponível em: <<http://www.rejuntamix.com.br/nossos-produtos/recuperaçao-estrutural/inibidormix>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

ROSTAM, S. Management & maintenance of concrete bridges: an assessment of the European scene. **Construction and Building Materials**, v. 3, n. 2, p. 159-163, 1989.

SAHUINCO, M. H. C. **Utilização de métodos não destrutivos e semidestrutivos na avaliação de pontes de concreto**. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SANTOS, L. A. **Como gerenciar as compras de materiais na construção civil: diretrizes para implantação da compra proativa**. São Paulo: PINI, 2008.

SHEIKH, S. A. Performance of concrete structures retrofitted with fibre reinforced polymers. **Engineering Structures**. v. 24, p. 869-879, 2002.

SIKA. **Catálogo**. Disponível em: <[https://prt.sika.com/dms/getdocument.get/9a63e894-9c2a-3081-9376-4bc44149bcc5/Sika Injection 101-RC\\_07.602.pdf](https://prt.sika.com/dms/getdocument.get/9a63e894-9c2a-3081-9376-4bc44149bcc5/Sika%20Injection%20101-RC_07.602.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2017.

SILVA, P. F. A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. São Paulo: PINI, 2005.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

STEWART, M. G.; MULLARD, J. A. Spatial time-dependent reliability analysis of corrosion damage and the timing of first repair for RC structures. **Engineering Structures**. v. 29, p. 1457-1464, 2007.

TCPO. **Tabelas de composições de preços para orçamentos**. São Paulo: PINI, 2014.

TECNE. **Piso novo**. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/114/artigo287025-2.aspx>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

TITTELBOOM, K. Van et al. Use of bacteria to repair cracks in concrete. **Cement and Concrete Research**, v. 40, n. 1, p. 157-166, 2010.

VAL, D. V; STEWART, M. G.; MELCHERS, R. E. Effect of reinforcement corrosion on reliability of highway bridges. **Engineering structures**. v. 20, n. 11, p. 1010-1019, 1998.

VEDACIT. **Boletim técnico**. Disponível em: <<http://www.vedacit.com.br/produtos/curing>>. Acesso em: 8 jan. 2017a.

\_\_\_\_\_. **Boletim técnico**. Disponível em: <<http://www.vedacit.com.br/produtos/aquasan>>. Acesso em: 8 jan. 2017b.

\_\_\_\_\_. **Boletim técnico**. Disponível em: <<http://www.vedacit.com.br/produtos/vedaflex>>. Acesso em: 8 jan. 2017c.

VIAPOL. **Ficha técnica de produto**. Disponível em: <<http://www.viapol.com.br/produtos/recuperaçao-e-reforço/argamassas/grautes/viagraute/>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

VITÓRIO, J. A. P. Vistorias, conservação e gestão de pontes e viadutos de concreto. 48.º Congresso Brasileiro do Concreto. **Anais**. Rio de Janeiro: Ibracom, 2006. p. 1-16, 2006.

\_\_\_\_\_. Avaliação do grau de risco estrutural de pontes rodoviárias de concreto. Assessment of the degree of structural risk in concrete roadway bridges Anais do 50º Congresso Brasileiro do Concreto -CBC2008 – 50CBC. **Ibracom**, v. 35, n. 2, p. 52051-110, 2008.

WEBER. **Ficha técnica**. Disponível em: <[http://www.weber.com.br/uploads/tx\\_weberproductpage/tecfix\\_EP\\_quartzolit.pdf](http://www.weber.com.br/uploads/tx_weberproductpage/tecfix_EP_quartzolit.pdf)>. Acesso em: 9 jan. 2017a.

\_\_\_\_\_. **Ficha técnica.** Disponível em: <<https://www.weber.com.br/reparos-reforcos-e-protecao-de-concreto/produtos/reparos-em-vigas-e-pilares/webertec-reparo-estrutural-quartzolit.html>>. Acesso em: 9 jan. 2017b.

WEYERS, R. E. et al. Concrete bridge protection, repair, and rehabilitation relative to reinforcement corrosion: a methods application manual. **Strategic Highway Research Program.** National Academy of Sciences. 277 p. Washington, DC, 1993. Disponível em: <<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/shrp/SHRP-S-360.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2017.

WRIGHT, J.; GIOVINAZZO, R. Delphi: uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 1, p. 54-65, 2000.

YEHIA, S. et al. A decision support system for concrete bridge deck maintenance. **Advances in Engineering Software**, v. 39, n. 3, p. 202-210, 2008.

YIN, R. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2003.

ZHANG, G.; HARICHANDRAN, R. S.; RAMUHALLI, P. An automatic impact-based delamination detection system for concrete bridge decks. **NDT and E International**, v. 45, n. 1, p. 120-127, 2012.

ZHANG, Y. et al. China's energy consumption in the building sector: a life cycle approach. **Energy and Buildings**, v. 94, p. 240-251, 2015.

## APÊNDICE 1 – USO DE BACTÉRIAS PARA REPARO DE FISSURAS

USO DE BACTÉRIAS PARA TRATAMENTO DE FISSURAS [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Mão de obra especializada	h	-	A
Encargos	%		
Subtotal mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Bacillus cohnii	kg	-	A
Concreto convencional	m <sup>3</sup>	1,05	B
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Subtotal ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: TITTELBOMM et al. (2010)

B: TCPO (2014)

FONTE: Adaptado de TITTELBOMM et al. (2010).

Essa composição foi sugerida como uma possibilidade de aplicação em recuperações de pontes. Na pesquisa de Tittelboom et al. (2010), foi realizada uma análise da aplicação da bactéria sem a preocupação com os coeficientes de consumo da solução sugerida.

## APÊNDICE 2 – SELAGEM DE FISSURAS

SELAGEM DE FISSURAS [m]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,25	A
Oficial	h	0,2	A
Encargos	%	129	
Subtotal mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Disco de lixa	und	0,25	A
Disco de borracha	und	0,025	A
Selante de poliuretano	ml	100 - 460	B
Subtotal materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Aplicador de silicone tubular	h	0,3	A
Luvas de proteção	pç.	0,005	A
Óculos de proteção	pç.	0,002	A
Subtotal ferramentas / equipamentos (C)			

A: TCPO (2014)

B: SIKA (2011)

FONTE: Adaptado de TCPO (2014), SIKA (2011).

A composição para selagem de fissuras foi extraída do serviço da TCPO Selagem em juntas estruturais. Recomenda-se a limpeza interna da fissura, visando a melhor aderência do poliuretano.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

### APÊNDICE 3 – DELIMITAÇÃO DE ÁREA

DELIMITAÇÃO DA ÁREA [m]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Oficial	h	0,1	A
Encargos	%	129	A
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Giz	und	0,25	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Régua	pç.	0,0125	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: AUTOR (2017)

FONTE: O autor (2017).

Para a demarcação da área, foi sugerida a utilização de giz e régua. O serviço tem como objetivo definir a área de intervenção. Ressalta-se que a delimitação da área deve ser realizada seguindo ângulos retos.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Arbitrado para o oficial a duração de 6 minutos para a execução de 1 metro de delimitação da área.

Arbitrado como consumo de giz, a necessidade de utilizar 1 giz a cada 4 metros.

Arbitrado o consumo da régua a depreciação total da régua após a execução de 80 metros do serviço.

### APÊNDICE 4 – LIMPEZA DAS ARMADURAS [m]

LIMPEZA DAS ARMADURAS [m]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,13	A
Pintor	h	0,13	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Primer antioxidante rico em zinco	kg	0,09	B
Solvente	Litro	0,02	B
Lixa de ferro nº80	folha	0,1	B
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Escova de aço	pç.	0,01	A
Pincel de 1"	pç.	0,01	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			
A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)			
B: ECOSOLVA (s.d)			

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

Foi recomendada a remoção ao redor das barras, deixando-se pelo menos 2,5cm livres, e a limpeza da armadura, retirando-se todos os produtos de corrosão.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Arbitrado como consumo dos materiais de consumo com base no boletim técnico (PERFOTEX, [s.d.]).



## APÊNDICE 5 – CURA DO MATERIAL

CURA DO MATERIAL [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,1	A
Encargos	%	129	A
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Geotêxtil	m <sup>2</sup>	1	A
Água	-	-	
Corda	m <sup>2</sup>	1	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Mangueira	pç	0,001	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: AUTOR (2017)

FONTE: O autor (2017).

Foi recomendada a sobreposição da manta de geotêxtil umedecida em toda a área recuperada. Foi inserida a corda como material de consumo para envolver e fixar o geotêxtil, caso necessário.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

A constante de consumo da água não foi arbitrada pela dificuldade de se estabelecer a velocidade de evaporação da água.

Determinado o consumo do ajudante, tendo como premissa que gastará 6 minutos / m<sup>2</sup> para umedecer a área de reparo.

Arbitrado que para 1 m<sup>2</sup> de área a ser umedecida é necessário 1 m<sup>2</sup> de manta geotêxtil.

Inserido o insumo corda, prevendo a necessidade de garantir a área umedecida no contorno da peça.

## APÊNDICE 6 – ENSAIO DE CARBONATAÇÃO

ENSAIO DE CARBONATAÇÃO [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Mão de obra especializada	h	0,1	A
Encargos	%	129	A
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Fenolftaleína	L	0,2	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Borrifador	pç	0,005	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: AUTOR (2017)

FONTE: O autor (2017).

Esse ensaio identifica a profundidade de carbonatação, tornando possível perceber a causa da corrosão. O serviço deve ser realizado após a extração do corpo de prova, que deve ser fraturado e aspergido pela solução de fenolftaleína, diluída em 1% de álcool etílico (SAHUINCO, 2011).

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Os consumos arbitrados foram determinados de forma empírica, sendo considerado cerca de 5 minutos de um colaborador especializado para realização do ensaio.

Determinado o consumo de 200 ml a casa 1 m<sup>2</sup> de concreto ensaiado.

Inserido como ferramenta o borrifador, prevendo a depreciação após 200 m<sup>2</sup> ensaiados.

## APÊNDICE 7 – ESTABELECIMENTO DE CONEXÕES ELÉTRICAS

ESTABELECIMENTO DE CONEXÕES ELÉTRICAS [und]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	1,1	A
Eletricista	h	0,5	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Cabo de 2,5mm <sup>2</sup>	m	2	A
Fita isolante	m	0,04	A
haste de cobre	und	2	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Alicate	pç.	0,002	A
luke CNX i3000 iFlex	pç.	0,01	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: AUTOR (2017)

FONTE: O autor (2017).

Foi recomendada a execução do serviço por profissional habilitado. Deve ser empregada a corrente impressa no ânodo (MONTEIRO, 2002).

A corrente elétrica deve ser gerada através de transformadores para obtenção da corrente contínua de baixa voltagem. É importante que o sistema funcione de acordo com o QUADRO .

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Arbitrado para os insumos de mão de obra um eletricista com consumo de 30 minutos e de 1,1 horas de ajudante por unidade do serviço.

Inserido a necessidade de um voltímetro para análise da corrente elétrica, com depreciação prevista após 100 utilizações.

Adicionado a ferramenta alicate, com depreciação após 100 utilizações.

## APÊNDICE 8 – INSTALAÇÃO DE ÂNODO

INSTALAÇÃO DE ANODO [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	1	A
Oficial	h	1	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Malha de aço inoxidável	m <sup>2</sup>	1	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Mangueira aspersora	pç	0,003	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: AUTOR (2017)

FONTE: O autor (2017).

A malha de aço, ou o ânodo, deve ser inserida no sistema de modo que seja consumida (MONTEIRO, 2002). Deverá ser mantida uma corrente elétrica ao longo do tratamento.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Arbitrado o consumo de 1 hora de ajudante e 1 hora de oficial para cada m<sup>2</sup> a ser instalado.

Determinado material de consumo do anodo de 1 m<sup>2</sup> para cada m<sup>2</sup> de instalação.

## APÊNDICE 9 – COLOCAÇÃO DE FIBRA DE CELULOSE COM SOLUÇÃO ALCALINA

COLOCAÇÃO DE FIBRA DE CELULOSE COM SOLUÇÃO ALCANILA [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,25	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Fibra de celulose	m <sup>2</sup>	1,1	A
Solução alcalina (opcional)	l	2	
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Pulverizador	pç	0,01	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: AUTOR (2017)

FONTE: O autor (2017).

Foi recomendada a sobreposição da manta de geotêxtil umedecida com solução alcalina, em toda a área recuperada.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

As constantes de consumo da água e solução alcalina, não foram arbitradas pela dificuldade de se estabelecer a velocidade de evaporação da água.

Determinado o consumo do ajudante, tendo como premissa que gastará 15 minutos / m<sup>2</sup> para posicionar a fibra de celulose.

Inserido pulverizador como equipamentos com depreciação ou perda prevista após 100 m<sup>2</sup> executados.

## APÊNDICE 10 – REMOÇÃO DE ÂNODO EXTERNO

REMOÇÃO DO ANODO EXTERNO [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,25	A
Oficial	h	0,25	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
alavanca metálica com extremidade fendida	pç	0,02	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: AUTOR (2017)

FONTE: O autor (2017).

Concluída a recuperação, a retirada do ânodo se faz necessária. Ressalta-se a necessidade de retirar o ânodo sem danificar o revestimento do concreto.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Arbitrada a consumo de 15 minutos de oficial e ajudante para a retirada do ânodo.

Inserida como ferramenta a avalanche metálica, com depreciação ou perda prevista após 50 utilizações.

## APÊNDICE 11 – COLOCAÇÃO DE FIBRA DE CELULOSE COM ÁGUA TRATADA

COLOCAÇÃO DE FIBRA DE CELULOSE COM SOLUÇÃO ALCANILA [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,25	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Fibra de celulose	m <sup>2</sup>	1,1	A
Água tratada	L	-	
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Pulverizador	pç	0,01	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: AUTOR (2017)

FONTE: O autor (2017).

Foi recomendada a sobreposição da manta de geotêxtil umedecida com água, em toda a área recuperada. A constante de consumo da água não foi arbitrada pela dificuldade de se estabelecer a velocidade de evaporação da água.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

As constantes de consumo da água e solução alcalina, não foram arbitradas pela dificuldade de se estabelecer a velocidade de evaporação da água.

Determinado o consumo do ajudante, tendo como premissa que gastará 15 minutos / m<sup>2</sup> para posicionar a fibra de celulose.

Inserido pulverizador como equipamentos com depreciação ou perda prevista após 100 m<sup>2</sup> executados.

## APÊNDICE 12 – ABERTURA DE CAVIDADE SUPERFICIAL

ABERTURA DE CAVIDADE SUPERFICIAL [m]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,65	A
Oficial	h	0,25	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Disco de corte diamantado	und	0,02	B
Extensão	m	0,1	B
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Luvas de proteção	und	0,002	B
Óculos de proteção	und	0,005	B
Máquina de corte	h	0,1	B
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: TCPO (2014)

B: AUTOR (2017)

FONTE: Adaptado de TCPO (2014).

A composição reflete uma adaptação da composição “corte em concreto para passagem de tubulação”, apresentada na TCPO (2014). Foram inseridos os equipamentos e materiais recomendados para a execução de cortes em concreto.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Adaptada da composição 05.009.0000006 da TCPO, corte em concreto para passagem de tubulação.

Inserido disco de corte diamantado com consumo de 1 disco a cada 50 metros.

Incluído como equipamento a utilização de cabo PP 2,5mm<sup>2</sup>, como extensão.

Adicionado máquina de corte para execução do serviço com produtividade de 10 metros a cada hora trabalhada do equipamento.



### APÊNDICE 13 – APLICAÇÃO DE CONCRETO COM LÁTEX

PAVIMENTAÇÃO DE CONCRETO ARMADO COM LATÉX, fck 30MPa		e= 14 cm [m <sup>2</sup> ]	
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	1,1	A
Oficial 01	h	0,26	A
Oficial 01	h	0,02	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Concreto dosado em central, com latex	m <sup>3</sup>	0,142	R\$ 355,00
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Colher de pedreiro	pç.	0,002	A
Desempenadeira	pç.	0,002	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: TCPO (2014)

B: WEYERS et al., (1993); VAL; STEWART; MELCHERS, (1998)

FONTE: Adaptado de TCPO (2014).

A composição reflete uma adaptação da composição “placa de concreto, fck = 20Mpa, controle tipo ‘B’, e = 20cm, com juntas de dilatação, para estacionamento de ônibus”, apresentada na TCPO (2014). Foi inserido no material “concreto” o insumo látex.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Mantido os consumos determinados na TCPO para o material, adicionando a especificação, com látex.

## APÊNDICE 14 – MONITORAMENTO DE CORRENTE

MONITORAMENTO DE CORRENTE [und]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	1,1	A
Eletricista	h	0,5	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Cabo de 2,5mm <sup>2</sup>	m	2	A
Fita isolante	m	0,04	A
haste de cobre	und	2	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Voltímetro	pç.	0,005	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			
A: AUTOR (2017)			

FONTE: O autor (2017).

Recomenda-se, após a instalação do ânodo, o monitoramento da corrente, conforme o QUADRO .

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Arbitrado o consumo de 1 hora de ajudante e 30 minutos de oficial para cada unidade de serviço executado.

Adicionado 2 metros cabo 2,5mm<sup>2</sup> para ligação elétrica durante a execução do serviço.

Incluído 2,5 cm fita isolante para isolamento das conexões.

Acrescentada 2 unidades de haste de cobre para conexão de ambos os lados.

Inserido a necessidade de um voltímetro para análise da corrente elétrica, com depreciação prevista após 100 utilizações.

## APÊNDICE 15 – TESTE DE PERCUSSÃO

MONITORAMENTO DE CORRENTE [und]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Mão de obra especializada	h	0,05	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Martelo de borracha	pç.	0,007	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			
A: AUTOR (2017)			

FONTE: O autor (2017).

Esse teste foi recomendado para casos em que não estão disponíveis meios mais precisos para diagnóstico. Dessa forma, pode-se definir, através de inspeção visual e testes de percussão, as áreas mais afetadas para priorização da intervenção.

## APÊNDICE 16 – LIMPEZA SUPERFICIAL OU LIMPEZA DO SUBSTRATO POR LIXAMENTO ELÉTRICO

LIMPEZA DO SUBSTRATO POR LIXAMENTO ELÉTRICO [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,1	A
Oficial	h	0,3	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Disco de lixa	und	0,25	A
Disco de borracha	und	0,025	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Lixadeira industrial	h	0,3	A
Luvas de proteção	pç.	0,005	A
Óculos de proteção	pç.	0,002	A
Máscará antipó	pç.	0,005	A
Cabo trifásico 3x2,50 mm	m	0,001	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			
A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)			

FONTE: HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

Recomenda-se que a lixadeira fique paralela à superfície, executando movimentos homogêneos. O disco de lixa a ser utilizado deverá ser de nº 24 a 36 para lixamento grosso e de nº 100 a 120 para lixamento fino.

## APÊNDICE 17 – APLICAÇÃO DE HIDROFUGANTE

PINTURA HIDROFUGANTE [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,1	A
Pintor	h	0,2	A
Encargos	%	129	
Subtotal mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Hidrofugante à base de água	L	0,2 - 0,35	B
Subtotal materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Broxa	pç.	0,0125	A
Pincel de 2''	pç.	0,0125	A
Vassoura de pelo	pç.	0,0125	A
Subtotal ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			
A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)			
B: VEDACIT (s.d)			

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

Foi recomendada a retirada de todas as protuberâncias com altura superior a 1,5mm. O consumo do hidrofugante foi alterado com base nos manuais técnicos dos produtos Dekguard SCZ e Masterprotect.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

## APÊNDICE 18 – REMOÇÃO DO CONCRETO DETERIORADO

REMOÇÃO DO CONCRETO DETERIORADO [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	2,5	A
Oficial	h	5	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Rebarbador eletromecânico com ponteiro	h	5	R\$ 2,00
Luvas de proteção	pç.	0,005	R\$ 2,63
Óculos de proteção	pç.	0,002	R\$ 3,20
Cabo trifásico 3x2,50 mm	m	0,001	R\$ 8,20
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)

FONTE: HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

Foi recomendada a demolição de fora para dentro, evitando-se batidas bruscas que aumentem a probabilidade de quebra das arestas. Após a conclusão do serviço, o operário deve retirar todo o material solto, para obter uma superfície rugosa e coesa, que propicia boas condições para aderência do material de reparo.

## APÊNDICE 19 – PROTEÇÃO DAS ARMADURAS COM TINTAS DE ALTO TEOR DE ZINCO

PROTEÇÃO DAS ARMADURAS COM TINTAS DE ALTO TEOR DE ZINCO [m]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,13	A
Pintor	h	0,13	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Primer antioxidante rico em zinco	kg	0,09	B
Solvente	Litro	0,004	A
Lixa de ferro nº80	folha	0,1	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Escova de aço	pç.	0,01	A
Pincel de 1``	pç.	0,01	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)  
B: VEDACIT (s.d)

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

Ressalta-se que é de extrema importância a remoção do concreto ao redor da barra, sendo necessários pelo menos 2,5cm livres para limpeza e proteção da armadura conforme indicado na composição. Um dos especialistas entrevistado acredita que a proteção com a base de zinco é ineficiente.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Alterado o consumo do primer antioxidante rico em zinco com base nas especificações técnicas do produto Vedacit - ARMATEC ZN.

## APÊNDICE 20 – APLICAÇÃO DE PONTE DE ADERÊNCIA

APLICAÇÃO DE PONTE DE ADERENCIA [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	1	A
Pedreiro	h	1	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Adesivo base epoxi	kg	0,8	B
Solvente para materiais base epóxi	L	0,12	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Espátula de 8''	pç.	0,0125	A
Misturador mecânico	pç.	0,02	C
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)

B: VEDACIT (s.d)

C: AUTOR (2017)

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

O serviço deve ser executado após o preparo adequado do substrato, e os componentes do epóxi devem ser homogeneizados com um misturador mecânico. Recomenda-se, após a aplicação da ponte de aderência, prosseguir o preenchimento da cavidade do reparo, visando a melhor produtividade do material.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Alterado o consumo do adesivo epóxi com base na ficha técnica do produto Bautech EP injeção.

Inserido como ferramenta necessária o misturador mecânico, conforme orientado pelo fornecedor do material.



## APÊNDICE 21 – PREENCHIMENTO DE CAVIDADE

PREENCHIMENTO DE CAVIDADE COM ARGAMASSA A BASE DE POLÍMEROS (0,5 cm ≤ esp. ≤ 3 cm) [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	2,6	A
Pedreiro	h	1,3	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Fornecimento e preparo de argamassa base de cimento modificada com polímeros	kg	10 à 60	B
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Colher de pedreiro	pç.	0,002	A
Desempenadeira	pç.	0,002	A
Misturador mecânico	h	0,01	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			
A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)			
B: VEDACIT (s.d)			

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

É de fundamental importância que a argamassa de reparo seja pressionada com força contra o substrato, em camadas, de maneira que se garanta a compactação, até atingir a máxima espessura recomendada.

O acabamento deve ser realizado com auxílio de uma desempenadeira de aço.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Arbitrado o consumo da argamassa com base nas especificações do produto Viagraute, produzido pela Viapol.

## APÊNDICE 22 – APLICAÇÃO DE PROTEÇÃO SUPERFICIAL

PROTEÇÃO SUPERFICIAL [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,1	A
Pintor	h	0,2	A
Encargos	%	129	
Subtotal mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Hidrofugante à base de água	L	0,2 - 0,35	B
Tinta	L	0,18	B
Subtotal materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Broxa	pç.	0,0125	A
Pincel de 2``	pç.	0,0125	A
Vassoura de pelo	pç.	0,0125	A
Subtotal ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)

B: BASF (s.d)

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

Foi recomendada a retirada de todas as protuberâncias com altura superior a 1,5mm. Orienta-se a aplicação de hidrofugante ou tinta, visando a proteção superficial da estrutura.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Consultada as fichas técnicas dos produtos Dekguard S CZ e Masterprotect para alteração da constante de consumo do hidrofugante.

## APÊNDICE 23 – LIMPEZA DO SUBSTRATO COM UTILIZAÇÃO DE SOLVENTES VOLÁTEIS

LIMPEZA DO SUBSTRATO COM UTILIZAÇÃO DE SOLVENTES VOLÁTEIS [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	CUSTO UNITÁRIO
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,25	A
Encargos	%	129	A
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Acetona	und	0,25	B
Estopa	kg	0,01	B
Algodão	kg	0,01	B
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Broxa ou pincel	pç	0,025	B
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)

B: AUTOR (2017)

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

O solvente deverá ser aplicado na estopa, com o objetivo de retirar eventuais resíduos e contaminações presentes no local. Esse procedimento é recomendado principalmente para limpar e remover o material pulverulento originado após a preparação do substrato.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

## APÊNDICE 24 – LIMPEZA DO SUBSTRATO COM JATO DE AR COMPRIMIDO

LIMPEZA DE SUBSTRATO COM JATO DE AR COMPRIMIDO [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Oficial	h	0,1	A
Encargos	%	129	A
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Combustível (Diesel)	L	0,425	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Compressor de 125 ou 250 pcm com mangueira e filtro com óleo na linha	h	0,1	A
Luvas de proteção	par	0,003	A
Óculos de proteção	pç	0,02	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			
A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)			

FONTE: HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

Recomenda-se que a sujeira seja removida do interior para o exterior. Finalizado o serviço, indica-se a vedação com papel, a fim de evitar a entrada de pó.

## APÊNDICE 25 – EXECUÇÃO DE FUROS E INSTALAÇÃO DE ANCORAGEM QUÍMICA

FORNECIMENTO DE INSTALAÇÃO DE ANCORAGEM QUÍMICA 3/4 [und]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,2	A
Pedreiro	h	0,2	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Prisioneiro 220 mm	pç	1	A
Expansão química	pç	1	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Furadeira elétrica mod. Profissional	h	0,2	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

O primeiro passo para a execução desse serviço é utilizar a furadeira elétrica com percussão. O equipamento deverá ser mantido em posição ortogonal à superfície do concreto. Finalizado o processo de perfuração, deverá ser retirado o excesso de pó das cavidades antes da aplicação do elemento químico.

## APÊNDICE 26 – TRATAMENTO DE MICROFISSURAS POR SILICATAÇÃO

TRATAMENTO DE MICROFISSURAS POR SILICATAÇÃO OU FLUOSSILICATAÇÃO [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,27	A
Pedreiro	h	0,27	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Produto à base de silicato de cálcio	L	3 à 5	B
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Rolo de lã de carneiro	pç	0,02	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)

B: BASF (s.d)

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

Foi recomendada a diluição do silicato em água, com o objetivo de facilitar a penetração nos poros e microfissuras do concreto. Os produtos encontrados no mercado indicam o tratamento em pelo menos três demãos, durante três dias consecutivos. Adverte-se que, antes da aplicação da nova demão, seja realizada uma nova limpeza, para retirada dos cristais não incorporados ao concreto.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Consumo arbitrado com base no consumo informada na ficha técnica do produto ashford.

## APÊNDICE 27 – REPARO DE ARMADURAS CORROÍDAS POR AÇÃO DE CLORETOS COM ARGAMASSA OU CONCRETO COM ADIÇÃO DE INIBIDORES DE CORROSÃO

REPARO DE ARMADURAS CORROÍDAS POR AÇÃO DE CLORETOS COM ARGAMASSA OU CONCRETO COM ADIÇÃO DE INIBIDORES DE CORROSÃO[m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	10	A
Pedreiro	h	12	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Cimento	kg	350	A
Areia média	m <sup>3</sup>	0,62	A
Pedra nº1	m <sup>3</sup>	0,79	A
Inibidor de corrosão kg/m <sup>2</sup> /mm	kg	1,65	B
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Misturador de concreto	h	0,5	A
colher de pedreiro	pç.	0,02	A
Despenadeira de aço	pç.	0,02	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)

B: BASF (s.d)

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

A composição apresentada deverá ser realizada após as seguintes atividades:

(1) remoção do substrato, (2) limpeza da armadura, (3) limpeza do material pulverulento e (4) aplicação de ponte de aderência. A argamassa deverá ser preparada por aproximadamente três minutos, até a total homogeneização. A cura úmida deverá ser realizada por sete dias.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Otimização da constante de consumo realizada com base no consumo informado na ficha técnica do produto Inibidor Mix da empresa rejunta mix.

## APÊNDICE 28 – REPARO EM BORDAS DE JUNTAS

REPARO EM BORDAS DE JUNTAS DE EXPANSÃO EXECUTADOS COM ARGAMASSA BASE EPÓXI PARA ESPESSURAS DE ATÉ 1,5 CM [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	4,5	A
Pedreiro	h	2,5	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Argamassa base epóxi	kg	27 à 30	B
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Misturador de concreto	h	0,5	A
colher de pedreiro	pç.	0,02	A
Desempenadeira de aço	pç.	0,02	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)  
B: VEDACIT (s.d)

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

Foi proposto o preparo da argamassa adicionando-se os componentes A e B, e misturando-os por três minutos, até a homogeneização. Após esse processo, durante os três minutos seguintes, deverão ser adicionados os agregados, componente C. A argamassa de reparo deverá ser adensada nas bordas das juntas, respeitando-se o tempo de manuseio e pega do adesivo. As camadas deverão ser executadas com espessuras inferiores a 1,5cm, aguardando-se um intervalo de duas horas entre as aplicações. O acabamento deverá ser realizado com desempenadeira de aço. A cura compreende a proteção contra a radiação solar durante as primeiras cinco horas.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Otimização do consumo baseada no boletim técnico do produto viagraute epóxi.



## APÊNDICE 29 – INJEÇÃO DE FISSURAS COM GRAUTE EPÓXI EM ABERTURAS DE 10MM A 70MM DE ESPESSURA

INJEÇÃO DE FISSURAS COM GRAUTE EPÓXI EM ABERTURAS DE 10MM A 70 MM DE ESP. [m]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,5	A
Pedreiro	h	0,5	A
Carpinteiro	h	0,5	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Chapa de madeira prensada resinada (12mm) para selamento de fissura	pç	0,1	A
Arame recozido 18	Kg	0,02	A
Sarrafo 1"x2"	m	0,25	A
Argamassa ou graute base epóxi para vedação de fissuras (10mm a 70mm)	Kg	3,5 - 5,3	B/C
Solvente para produtos base epóxi	L	0,12	A
Expansão química	pç	1	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Furadeira elétrica mod. Profissional	h	0,2	A
Conjunto com Bomba Duplo Diafragma e pistola	h	0,1	C
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)

B: BASF (s.d); VEDACIT (s.d)

FONTE: Adaptado de HELENE; CASTRO-BORGES (2005).

Recomenda-se que a parte interna das fissuras seja limpa com ar comprimido ou com jato de água. O preparo da argamassa é realizado misturando-se os componentes A e B por três minutos, até a homogeneização. Nos casos em que as fissuras atravessam a peça de um lado ao outro, elas deverão receber um tratamento prévio, que consiste em selar um lado e preparar um funil alimentador. Indica-se que, durante a aplicação do graute, seja vertido o material sempre pelo mesmo lado, para evitar a formação de vazios. A etapa de acabamento consiste na retirada do excesso de material depois de duas horas, sempre de baixo para cima.

Foram destacados em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Utilizado os manuais técnicos (VEDACIT, [s.d.]) (BASF, 2003) para otimização das constantes do consumo dos materiais.

### APÊNDICE 30 – CORTE EM CONCRETO PARA PASSAGEM DE TUBULAÇÃO

CORTE DE CONCRETO PARA PASSAGEM DE TUBULAÇÃO [m]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,65	A
Oficial	h	0,25	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: AUTOR (2017)

FONTE: TCPO (2014).

Essa composição indica as constantes de consumo relativas aos insumos mão de obra. Ressalta-se que na TCPO não é indicado o equipamento necessário para a execução desse serviço, porém a composição auxiliou a formatação da composição retratada no APÊNDICE 12, elaborada pelo Autor.

### APÊNDICE 31 – CONCRETAGEM EM PLACAS

CONCRETAGEM EM PLACAS, fck 30MPa, e= 14 cm [m <sup>2</sup> ]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	1,1	A
Oficial 01	h	0,26	A
Oficial 01	h	0,02	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Concreto dosado em central	m <sup>3</sup>	0,142	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Colher de pedreiro	pç.	0,002	A
Desempenadeira	pç.	0,002	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: TCPO (2014)

FONTE: TCPO (2014).

Essa composição consiste na aplicação do concreto dosado em central. Recomenda-se a verificação do tempo de deslocamento do caminhão até o ponto de aplicação do concreto. É indicado o umedecimento na base, com água, antes do lançamento do concreto. O acabamento, nesses casos, é realizado com desempenadeira ou régua de metal por um funcionário especializado.

## APÊNDICE 32 – APLICAÇÃO DE MATERIAL VEDANTE, MASTIQUE ELÁSTICO DE CONSISTÊNCIA PASTOSA

APLICAÇÃO DE MATERIAL VEDANTE [m]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,37	A
Pintor	h	0,42	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Mastique à base de acrílico	kg	0,2	B
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Bisnaga 400 g	pç	0,005	B
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: HELENE; CASTRO-BORGES (2005)

B: BASF (s.d)

FONTE: TCPO (2014).

Recomenda-se a limpeza do substrato antes da aplicação do material.

Destacaram-se em vermelho os índices alterados / incluídos pelo autor nas composições base.

Alterado o consumo do material com base na ficha técnica do produto Hey Dicyl Mastique que informa que a quantidade de 1 kg renda 10 metros de junta com 1x1 cm.

Adicionado à ferramenta bisnaga para aplicação do produto, prevendo a depreciação total após a execução de 200 metros do serviço.

### APÊNDICE 33 – COMPOSIÇÃO INJEÇÃO DE FISSURAS

INJEÇÃO DE FISSURAS [m]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	1,5	A
Pedreiro	h	1,6	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Tubos plásticos para injeção de graute	m	1	A
Pasta tixotrópica base poliéster (selante)	kg	0,2	A
Pasa de alto desempenho para injeção	kg	2,1	A
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Central de injeção de resina com tanque, regulador de pressão e compressor	h	1	A
Misturador mecânico	h	0,6	A
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: TCPO (2014)

FONTE: TCPO (2014).

Essa composição, extraída da TCPO, apresenta uma outra proposta para a composição apresentada no APÊNDICE 29.

### APÊNDICE 34 – LIMPEZA DE SARJETA E MEIO-FIO

LIMPEZA DE SARJETA E MEIO FIO [m]			
DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	COEF.	FONTE:
<b>Mão de obra</b>			
Ajudante	h	0,034	A
Encarregado	h	0,002	A
Encargos	%	129	
Sub total mão de obra (A)			
<b>Material de consumo</b>			
Sub total materiais (B)			
<b>Ferramentas / Equipamentos</b>			
Vassoura	pç	0,01	B
Balde	pç	0,01	B
Sub total ferramentas / equipamentos (C)			
CUSTO UNITÁRIO ( A + B + C )			

A: Manual dos Custos Rodoviários (2005)

B: AUTOR (2017)

FONTE: Manual dos Custos Rodoviários (2005).

Recomenda-se a limpeza constante dos elementos de drenagem, a fim de prevenir entupimentos causados por excesso de sujeira. O serviço pode ser realizado por mão de obra não especializada.

Arbitrado que as ferramentas depreciarão após a limpeza de 100 m<sup>2</sup>.

## ANEXO – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO FORNECIDO PELO EMEA

### 1.1. DADOS BÁSICOS

<b>IDENTIFICAÇÃO / LOCALIZAÇÃO / JURISDIÇÃO</b>			
OAE: Código	100.b	Nome:	Viaduto Interseção PR 476
Tipo de Estrutura: Código	1	Nat. Transposição: Código	3
Rodovia: BR-	376	Sist. Construtivo: Código	1
Trecho SNV:	376BPR0460	UF:	PR
Localização (Km):	600,7	Cidade Próx.:	Curitiba
Altitude:	927 m	Latitude:	-25 ° 32,418 '
		Longitude:	-49 ° 18,666 '
<b>ADMINISTRAÇÃO</b>			
Tipo de Administração:	Direta		Administrador:
Superintendência:	Regional do DNIT no Estado do Paraná		Unidade Local:
			Colombo 9/1
<b>PROJETO / CONSTRUÇÃO</b>			
Nome do Projetista:	AMURADA - Planejamento e Projetos de Engenharia Ltda.		Ano da Construção:
Nome do Construtor:			Trem-Tipo Classe:
Documentos de Projeto:	Projeto Original; Memorial de Cálculo; Justificativa		Local de Arquivamento:
Documentos de Construção:			Local de Arquivamento:
Documentos Diversos:	ra; Relatório de Supervisão Final, Projeto da Rodovia, Inspeção C		Local de Arquivamento:
			Pasta: "05. Documentos Iniciais"
			Pasta: "05. Documentos Iniciais"
<b>COMPRIMENTO / LARGURA</b>			
Comprimento:	60 m	Largura:	12,5 m
<b>INFORMAÇÕES ADICIONAIS</b>			
Data de cadastramento:	06/08/2015		

### 1.2. DADOS SOBRE CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

<b>CARACTERÍSTICAS PLANI-ALTIMÉTRICAS</b>			
Região:	<input checked="" type="checkbox"/> PLANA	<input type="checkbox"/> ONDULADA	<input type="checkbox"/> MONTANHOSA
Greide: Rampa Máxima (%):			
Traçado:	<input checked="" type="checkbox"/> TANGENTE	<input type="checkbox"/> CURVO	Raio: _____ m
Travessia:	<input checked="" type="checkbox"/> ORTOGONAL <input type="checkbox"/> ESCONSA		
<b>CARACTERÍSTICAS DA PISTA</b>			
Larg. Total da Pista:	7,5 m	Pavimento:	<input checked="" type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Concreto
Nº de Faixas:	2	Largura de uma Faixa:	3,75 m
Acostamento:	<input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	Largura Passeio Esq.:	_____ m
Larg. Acostamento Esq.:	1,2 m	Largura Passeio Dir.:	_____ m
Larg. Acostamento Dir.:	3 m	Guarda-Rodas:	<input type="checkbox"/> P. Antigo <input checked="" type="checkbox"/> N. Jersey <input type="checkbox"/> Outro
Drenos:	<input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO		
Pingadeiras:	<input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
<b>GABARITOS</b>			
Para Viaduto:	Horizontal	24,5 m	Vertical: 5,5 m
Para Ponte s/ Rio Navegável:	Horizontal	_____ m	Vertical: _____ m
Proteção dos Pilares Contra Choque de Embarcação?	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO		
<b>JUNTAS DE DILATAÇÃO</b>			
Número total de juntas:	_____		
Tipo de Vedação:	<input checked="" type="checkbox"/> Nenhuma; nos pilares / articulação <input type="checkbox"/> Tipo _____ <input type="checkbox"/> Tipo _____		
<b>TRÁFEGO</b>			
VMD:	14807 veículos/dia		
Frequência de Carga Móvel ≥ 36 tf:	<input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Baixa		
Passagem de Cargas Excepcionais:	<input checked="" type="checkbox"/> Frequente <input type="checkbox"/> Esporádica		

### 1.3. CRACTERISTICA DA ESTRUTURA

MATERIAIS / SEÇÃO / TIPO												
COMPONENTE	MATERIAL (CÓDIGO) (VER TABELA 2)	SEÇÃO TIPO (CÓDIGO) (VER TABELA 3)	TIPOS DE APARELHOS DE APOIO									
LAJES	CA		Cód.	Descrição								
VIGAS PRINCIPAIS	CA	VC	FR	Freyssinet								
PILARES	CA	2CL	NP	Neoprene								
FUNDAÇÕES	CA	DI	TF	Teflon								
			CH	Placa de Chumbo								
			RM	Rolo Metálico								
			AM	Articulação Metálica								
			PD	Pêndulo								
			LP	Ligação Pórtico								
			TE	Tipo Especial								
			NI	Não Informado								
<b>Aparelhos de Apoio</b>												
Apoio →	1	2	3	4	5	6						
Tipo →	NP	NP	NP	NP	NP	NP						
Obs.: para tipos de aparelhos de apoio ver tabela acima.												
<b>PARTICULARIDADES</b>												
Número de Vãos:	2		Altura da Viga no Apoio (m):		1,64		Extrem. Inicial: <input type="checkbox"/> ENCONTRO <input checked="" type="checkbox"/> BALANÇO					
Número de Juntas Gerber:	0		Altura da Viga no Vão (m):		1,64		Extrem. Final: <input type="checkbox"/> ENCONTRO <input checked="" type="checkbox"/> BALANÇO					
Comprimento do Vão Maior (m):	24,5		Altura Máxima de Pilar (m):		5,5		Laje de Aprox.: <input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO					
<b>Comentários:</b>												

### 1.4. OUTROS ASPECTOS

Desnível Max entre Greide e Terreno	m		As Fundações estão em Solo Mole?		<input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO
Lâmina D'água: Normal	m	Na Cheia	m	A Vibração da Estrutura é Excessiva?	<input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO
O Meio Ambiente é Agressivo?	<input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		O Regime do Rio é Torrencial?		
A Seção de Vazão é Adequada?	<input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		O Leito do Rio é Erodível?		
Existe Drenagem no Interior do Caixão?	<input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		Histórico da Manutenção: <input type="checkbox"/> Boa <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Ruim		
ROTAS ALTERNATIVAS:	<input checked="" type="checkbox"/> EXISTEM <input type="checkbox"/> NÃO EXISTEM		Acréscimo de Distância: 0 km		
Descrição do Itinerário: <u>Av. Juscelino Kubitschek de Oliveira (paralela a BR 376)</u>					
<b>INSPEÇÃO ROTINEIRA (PARÂMETROS):</b>					
Melhor Época para Vistorias: <u>Julho</u>					
Periodicidade:	<input checked="" type="checkbox"/> Normal (2 anos)	<input type="checkbox"/> Reduzida (1 ano)	<input type="checkbox"/> Dilatada (4anos)	<input type="checkbox"/> Especial (Consultor)	
	<input type="checkbox"/> Especial (L ≥ 200m)	<input type="checkbox"/> Especial (Equipamento)	<input type="checkbox"/> Parcial		
Acesso:	<input checked="" type="checkbox"/> Direto / Binóculo: Vãos <u>Todos</u>		<input type="checkbox"/> Equipamento Especial: Vãos _____		
<b>Comentários:</b>					