

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL  
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**THOMAS NEVES CRESTANI**

**ANÁLISE DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO EM UMA VIA URBANA  
DESTINADA PARA CORREDOR DE ÔNIBUS NA CIDADE DE CAXIAS DO  
SUL/RS**

**CAXIAS DO SUL, RS  
2019**

**THOMAS NEVES CRESTANI**

**ANÁLISE DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO EM UMA VIA URBANA  
DESTINADA PARA CORREDOR DE ÔNIBUS NA CIDADE DE CAXIAS DO  
SUL/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso com o objetivo de obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Professor Me. Matheus Lemos Nogueira.

**CAXIAS DO SUL, RS**

**2019**

**THOMAS NEVES CRESTANI**

**ANÁLISE DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO EM UMA VIA URBANA  
DESTINADA PARA CORREDOR DE ÔNIBUS NA CIDADE DE CAXIAS DO  
SUL/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso com o objetivo de obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade de Caxias do Sul.

**Aprovado em 27/11/2019.**

**Banca Examinadora**

---

Prof. Me. Matheus Lemos Nogueira  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

---

Prof. Ma. Jaqueline Bonatto  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

---

Engenheiro Civil Me. Igor Machado da Silveira  
SMTTM – Prefeitura Municipal de Caxias do Sul

## RESUMO

Os pavimentos rígidos no Brasil estão recebendo maior atenção nos últimos anos, se tornando cada vez mais necessários especialmente em vias com tráfego intenso e pesado. Apesar do seu elevado custo inicial, a sua utilização pode ser uma solução econômica frente aos pavimentos flexíveis, principalmente quando considerados os custos de manutenção e durabilidade da via. Este trabalho foi realizado nos corredores de ônibus das ruas Moreira César, Pio XII e Avenida Rossetti, na cidade de Caxias do Sul, a qual teve seu pavimento flexível substituído pelo rígido em 2016 com o intuito de garantir melhores e mais duradouras condições de conforto e segurança ao tráfego local. O objetivo desse estudo foi analisar as condições atuais do pavimento em questão, por meio do cálculo do Índice de Condição do Pavimento (ICP), de acordo com as orientações do DNIT para análise da qualidade da pavimentação executada no local e dando continuidade a estudos já realizados. Dessa forma, os resultados obtidos foram comparados aos resultados anteriores, permitindo uma visão geral da variação da qualidade do pavimento até então e possibilitando determinar os primeiros pontos de uma curva de desempenho. Após a inspeção das amostras, estas apresentaram alguns sinais de degradação, o que era esperado, visto que nenhuma manutenção foi feita nos últimos 3 anos. Apesar de muitas patologias identificadas na inspeção visual, em geral, a via não apresentou manifestações patológicas com alta gravidade, sendo o pavimento avaliado com alto conceito de avaliação do ICP. A curva de regressão também mostrou resultados satisfatórios, contudo, recomenda-se que novas avaliações sejam executadas anualmente, permitindo o monitoramento da evolução das condições do pavimento e ajustando a curva de deterioração para uma condição mais precisa do corredor de ônibus analisado.

**Palavras-Chaves:** Pavimento Rígido, Índice de Condição do Pavimento, Curva de Desempenho.

## ABSTRACT

Rigid pavements in Brazil have been receiving more attention in recent years, becoming increasingly necessary especially on roads with incense and heavy traffic. Despite its high initial cost, its use can be an economical solution in front of flexible pavements, especially when maintenance and road maintenance costs. This work was carried out in the bus corridors of Moreira César, Pio XII and Rossetti avenues in the city of Caxias do Sul, which was paved with the use of a flexible replica at least in 2016 in order to ensure better and longer lasting. comfort and safety conditions to local traffic. The objective of this study was to analyze the current conditions of the pavement in question by calculating the Pavement Condition Index (PCI), according to DNIT guidelines for the analysis of pavement quality performed on site and from studies already performed. In this way, the results obtained were compared to the previous results, allowing an overview of the pavement quality variation until then and allowing to determine the first points of a performance curve. Upon inspection of the labels, these signs of degradation were discovered, ie expected as no maintenance has been done in the last 3 years. Despite many pathologies identified in visual inspection, in general, not exhibiting pathological manifestations with high severity, the pavement being evaluated with a high concept of PCI assessment. The regression curve also showed satisfactory results, but it is recommended that further checks be performed, allowing monitoring of the evolution of pavement conditions and adjusting a deterioration curve to a more accurate condition of the analyzed bus corridor.

**Keywords:** Rigid Pavement, Pavement Condition Index, Performance Curve.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Seção típica de pavimento flexível.....	13
Figura 2 - Seção típica de pavimento rígido.....	14
Figura 3 - Pavimento romano típico.....	15
Figura 4 - Rodovia Caminhos do Mar.....	18
Figura 5 - Seção Transversal do Pavimento.....	22
Figura 6 - Classificação de Agregados.....	23
Figura 7 - Seção transversal típica de sub-bases granulares.....	25
Figura 8 - Seções transversais típicas de pavimentos de sub-bases estabilizadas com cimento.....	26
Figura 9 - Elemento de placa em estado plano de tensões.....	28
Figura 10 - Barras de transferência em juntas.....	32
Figura 11 - Junta transversal de retração.....	32
Figura 12 - Dimensões recomendadas para placas de concreto.....	33
Figura 13 - Reservatório do selante.....	34
Figura 14 - Fissura de canto.....	36
Figura 15 - Empenamento de placas devido assentamento.....	37
Figura 16 - Destacamento superficial.....	37
Figura 17 - Desnívelamento nas juntas.....	38
Figura 18 - Escala de avaliação do ICP.....	39
Figura 19 – Localização do objeto de estudo.....	41
Figura 20 - Pavimento rígido executado no local.....	43
Figura 21 - Juntas transversais de retração.....	44
Figura 22 – Localização e separação das amostras.....	47
Figura 23 - Curva do decréscimo do ICP em função da idade do pavimento.....	49
Figura 24 - Exemplo de esborcinamento na junta.....	51
Figura 25 - Exemplo de corte duplo.....	52
Figura 26 - Exemplo de junta com defeito no selamento.....	53
Figura 27 - Emenda de concretagem sem corte e selante.....	53
Figura 28 - Assentamento de placa e surgimento de fissura no canto.....	54
Figura 29 - Exemplo de desnível entre placa e grelha.....	54
Figura 30 - Placas com desgaste superficial.....	55
Figura 31 - Pequenos reparos de execução.....	55
Figura 32 - Resultados das amostras.....	56
Figura 33 - Comparativo das inspeções.....	57
Figura 34 - Placas com alto desgaste superficial.....	58
Figura 35 - Curva de regressão do pavimento.....	60
Figura 36 - Comparativo entre as curvas de desempenho.....	61

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de sub-bases para pavimentos de concreto.....	24
Quadro 2 - Características usuais de sub-bases estabilizadas com cimento.....	25
Quadro 3 - ICP do trecho analisado em função da idade.....	59

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1. OBJETIVOS DA PESQUISA.....	11
1.1.1. <b>Objetivo Principal</b> .....	<b>11</b>
1.1.2. <b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>11</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>12</b>
2.1. DEFINIÇÃO DE PAVIMENTO.....	12
2.1.1. <b>Pavimento Flexível</b> .....	<b>13</b>
2.1.2. <b>Pavimento Semirrígido</b> .....	<b>13</b>
2.1.3. <b>Pavimento Rígido</b> .....	<b>14</b>
2.2. BREVE HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO .....	15
2.2.1. <b>Pavimentos rígidos no mundo</b> .....	<b>16</b>
2.2.2. <b>Pavimentos rígidos no Brasil</b> .....	<b>17</b>
2.3. TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	18
2.3.1. <b>Pavimento de Concreto Simples</b> .....	<b>18</b>
2.3.2. <b>Pavimento de Concreto Armado</b> .....	<b>19</b>
2.3.3. <b>Pavimento tipo Whitetopping</b> .....	<b>19</b>
2.3.4. <b>Sobrelaje sobre estrutura de concreto</b> .....	<b>20</b>
2.3.5. <b>Pavimento com peças pré-moldadas de concreto</b> .....	<b>20</b>
2.4. ESTRUTURA DO PAVIMENTO RÍGIDO .....	21
2.4.1. <b>Regularização e reforço do subleito</b> .....	<b>22</b>
2.4.2. <b>Sub-base</b> .....	<b>24</b>
2.4.2.1. Sub-bases granulares .....	24
2.4.2.2. Sub-bases estabilizadas com Cimento Portland.....	25
2.4.3. <b>Revestimento e base com placas de concreto</b> .....	<b>26</b>
2.4.3.1. Cura do concreto.....	28
2.4.3.2. Cimento Portland .....	28
2.4.3.3. Agregados.....	29
2.4.3.4. Água.....	29
2.4.3.5. Aditivos.....	30
2.4.3.6. Aço .....	31
2.4.3.7. Juntas .....	31

2.4.3.8.	Selagem das juntas.....	33
2.5.	DESEMPENHO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS .....	34
<b>2.5.1.</b>	<b>Patologias do pavimento rígido .....</b>	<b>35</b>
2.5.1.1.	Fissuras.....	35
2.5.1.2.	Empenamento das placas.....	36
2.5.1.3.	Destacamento superficial .....	37
2.5.1.4.	Desnivelamento das juntas e escalonamento .....	38
<b>2.5.2.</b>	<b>Índice de Condição do Pavimento (ICP) .....</b>	<b>39</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>40</b>
3.1.	ÁREA DE ESTUDO.....	40
3.2.	EXECUÇÃO DO PAVIMENTO.....	42
3.3.	CÁLCULO DO ICP .....	45
3.4.	PREVISÃO DE DESEMPENHO .....	48
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
4.1.	CÁLCULO DO ICP.....	51
<b>4.1.1.</b>	<b>Patologias encontradas .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.2.</b>	<b>Cálculo do ICP para cada amostra.....</b>	<b>56</b>
4.2.	ESTADO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO .....	57
4.3.	DETERMINAÇÃO DA CURVA DE DESEMPENHO.....	59
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>
	<b>APÊNDICE A – DADOS COLETADOS PARA O CÁLCULO DO ICP .....</b>	<b>67</b>
	<b>APÊNDICE B – COMPARATIVO ENTRE AS AMOSTRAS .....</b>	<b>78</b>
	<b>ANEXO A – FICHA DE INSPEÇÃO PARA AMOSTRAS .....</b>	<b>79</b>
	<b>ANEXO B – CARACTERIZAÇÃO DA EXECUÇÃO .....</b>	<b>80</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A análise da política de transporte público no Brasil requer um bom entendimento de dois processos quase simultâneos: a urbanização e a constituição da indústria automotiva no país. O processo de recolocou pessoas em ambientes urbanos nos quais elas passam a necessitar de transporte público regular. Além disso, aumentou as dimensões das cidades, fazendo aumentar as distâncias e a necessidade de transporte público para seus habitantes. O processo de constituição da indústria automobilística representa o início da oferta regular e mais acessível de veículos de transporte individual, que passaram a disputar o mercado com o transporte público (PENA, 2019).

Ainda conforme Pena (2019), uma das principais causas dos problemas de mobilidade urbana no Brasil está relacionada ao aumento do uso de transportes individuais em detrimento da utilização dos coletivos. Para muitos especialistas, algumas soluções desse problema seria o estímulo aos transportes coletivos públicos por meio da melhoria de seus serviços, bem como no desenvolvimento de um trânsito focado na sua circulação.

Sendo assim, garantir o conforto dos passageiros e procurar gerar o mínimo de transtornos nas vias e corredores de ônibus torna-se indispensável para que tal política possa ser aplicada com sucesso. Segundo Lindau (2013), o aumento dos congestionamentos exige um uso mais racional do espaço viário urbano. Uma faixa dedicada exclusivamente aos ônibus apresenta uma capacidade de transporte, em média, dez vezes superior a uma dedicada ao transporte privado. Cada vez mais as cidades estão investindo em corredores que priorizam a circulação dos ônibus.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2010), as faixas exclusivas para ônibus podem melhorar o tempo e condições de viagens do transporte coletivo, entretanto são extremamente exigidas estruturalmente devido à enorme carga originada tanto do peso dos veículos, quanto pelo volume de viagens feitas por eles, além das operações de aceleração e frenagem as quais estão submetidas. Altas temperaturas, curvas acentuadas, vazamentos de óleo e combustíveis, subidas íngremes e intempéries também são fatores fundamentais para a destruição dos pavimentos urbanos.

Ainda, conforme ABCP (2010), considerando que, no Brasil, a conservação rodoviária tem sido negligenciada há muito tempo, a opção pela utilização de pavimentos rígidos, em maior escala, talvez seja a alternativa capaz de minimizar o problema da falta de qualidade das estradas brasileiras, principalmente nas vias com alta concentração de tráfego de veículos comerciais e de transporte, enquadrando-se assim os corredores de ônibus. Desse modo, o pavimento de concreto se apresenta como a alternativa mais adequada para este fim, pois resulta em um pavimento de qualidade, durável, com baixa manutenção e capaz de suportar trânsito pesado, canalizado e repetitivo.

De acordo com Garnett Neto (2001), embora o pavimento rígido apresente inúmeras vantagens e maior vida útil que o pavimento flexível, ainda não é utilizado em larga escala no Brasil. Alguns fatores como cultura local, maior custo inicial, manutenção e recuperação que, em regra geral, são situações acompanhadas pela interdição do tráfego de veículos por vários dias, ou, pelo menos, por períodos mais demorados que os exigidos para as interdições feitas em pavimentos asfálticos.

Dessa maneira, apesar do alto custo unitário desses materiais, a sua utilização pode ser uma solução econômica, desde que as intervenções de manutenção sejam feitas em períodos apropriados, quando os defeitos ainda apresentam baixo grau de severidade, demandando menor volume de material a ser empregado. Essa condição é obtida em pavimentos nos quais as intervenções de manutenção são feitas periodicamente, ainda em caráter preventivo.

Este trabalho foi realizado por meio de um estudo da análise do ICP (Índice de Condição do Pavimento) de um corredor de ônibus executado com pavimento rígido. A partir dos dados coletados foi possível identificar a qualidade geral da via, os pontos críticos e, baseado no acompanhamento da execução da pavimentação relatado por Aver (2016), identificar também as principais causas das manifestações patológicas atuais. Sendo assim, foi traçada uma curva de desempenho do pavimento de concreto.

## 1.1. OBJETIVOS DA PESQUISA

### 1.1.1. Objetivo Principal

Analisar o desempenho do pavimento rígido em uma via urbana de Caxias do Sul destinada para corredor de ônibus, por meio do Índice de Condição do Pavimento.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) descrever a execução do pavimento rígido;
- b) calcular o ICP da via;
- c) analisar o tráfego atuante na via;
- d) prever a vida útil restante do pavimento;
- e) relacionar a execução com o ICP.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. DEFINIÇÃO DE PAVIMENTO**

Segundo o Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), o pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de múltiplas camadas de espessuras finitas, assentes sobre um terreno considerado teoricamente como infinito, sendo o mesmo passível de serviços de terraplanagem e designado como subleito. Ainda segundo DNIT (2006), o pavimento também pode ser considerado como uma estrutura de camadas em que materiais de diferentes resistências e deformabilidades são colocados em contato, resultando assim em um elevado grau de complexidade no que respeita ao cálculo de tensões e deformações atuantes nas mesmas resultantes das cargas impostas pelo tráfego.

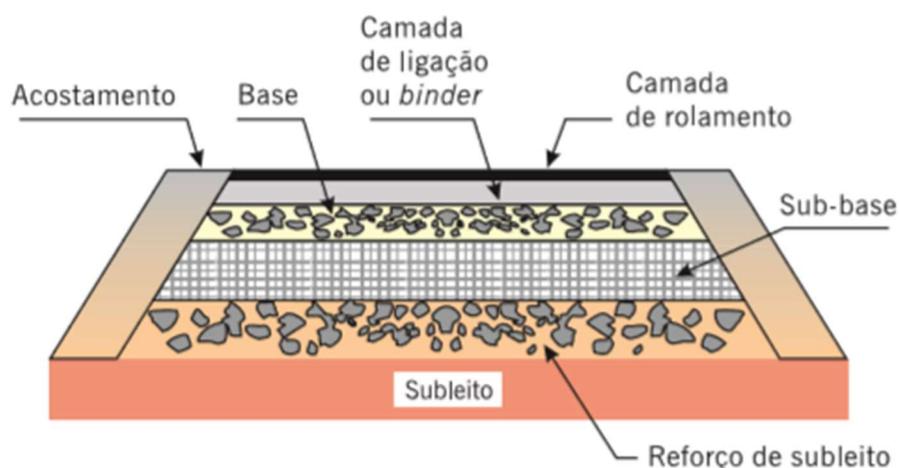
Conforme a ABNT NBR 9781:2013, o pavimento é uma estrutura construída após terraplanagem e destinada, em seu conjunto, a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança e resistir aos esforços horizontais que nela atuando, tornando mais durável a superfície de rolamento, devendo ser também uma estrutura econômica. Para Balbo (2007), pavimentos são estruturas compostas por camadas que interagem entre si garantindo as características de projeto, sendo os materiais empregados fundamentais para garantir a eficiência das mesmas.

De acordo com Araújo et al. (2016), uma rodovia pavimentada corretamente apresenta a superfície regular e mais aderente aos pneus, proporcionando menores riscos quanto à perda de controle do veículo e garantindo boa resposta às necessidades de frenagens ou desvios repentinos. Conforme DNIT (2006) os pavimentos são classificados em flexíveis, semi-rígidos e rígidos.

### 2.1.1. Pavimento Flexível

Segundo DNIT (2006), pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas, normalmente dimensionada à compressão. Estes pavimentos possuem menor custo inicial e rápida execução e liberação do tráfego, entretanto podem exigir intervenções com maior frequência. Exemplo típico é o pavimento constituído por uma base de brita graduada revestida por uma camada asfáltica, conforme Figura 1.

Figura 1 - Seção típica de pavimento flexível.



Fonte: Bernucci et al. (2010).

Segundo Oliveira (2008), o pavimento flexível é comumente composto por uma camada de rolamento executada em concreto asfáltico sobre camadas granulares. As camadas inferiores sofrem deformação elástica significativa sob carregamentos aplicados, distribuindo as cargas em parcelas aproximadamente equivalentes para as camadas que o compõe.

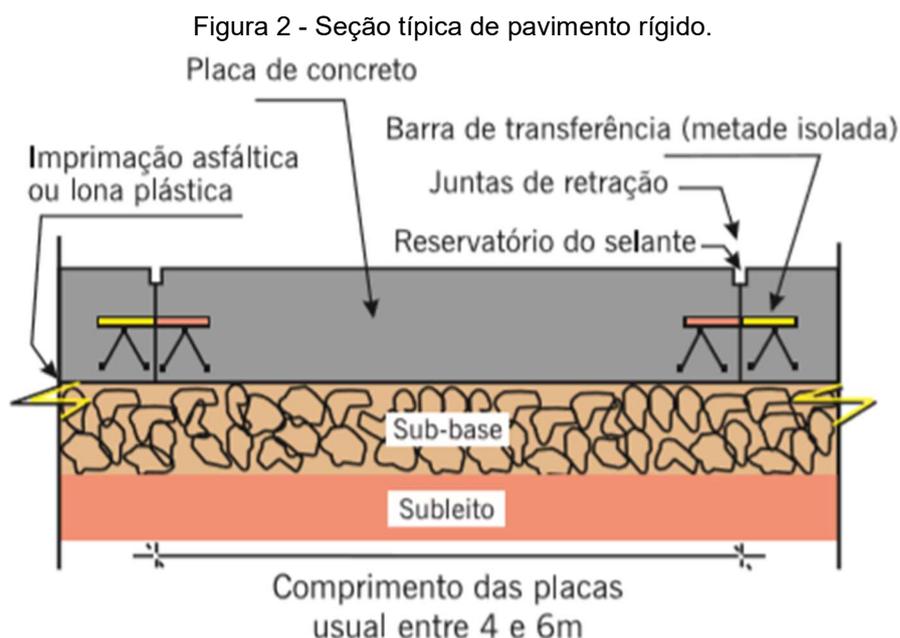
### 2.1.2. Pavimento Semirrígido

Segundo DNIT (2006), o pavimento semirrígido caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo,

camada de base composta por de solo cimento revestida por uma camada asfáltica. De acordo com Oliveira (2008), este tipo de pavimento é considerado uma situação intermediária em relação aos pavimentos rígidos e flexíveis. Ele é formado por camadas de revestimento, base e sub-base. O revestimento é constituído por uma camada asfáltica, o qual é assentado sobre uma base que deve possuir uma resistência à tração e que seja constituída de materiais de rigidez elevada ou por composições que fornecem uma base cimentada como solo-cimento, solo-cal e brita graduada tratada com cimento. A sub-base pode ser constituída por materiais granulares não tratados.

### 2.1.3. Pavimento Rígido

Conforme DNIT (2006), pavimento rígido é aquele em que o revestimento possui elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado, distribuindo-as em grandes áreas e trabalhando essencialmente à tração. Este pavimento possui uma vida útil maior, podendo atingir entre 20 e 40 anos de serviço com quase nenhuma manutenção. Exemplo típico é pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland, conforme Figura 2.



Fonte: Bernucci et al. (2010).

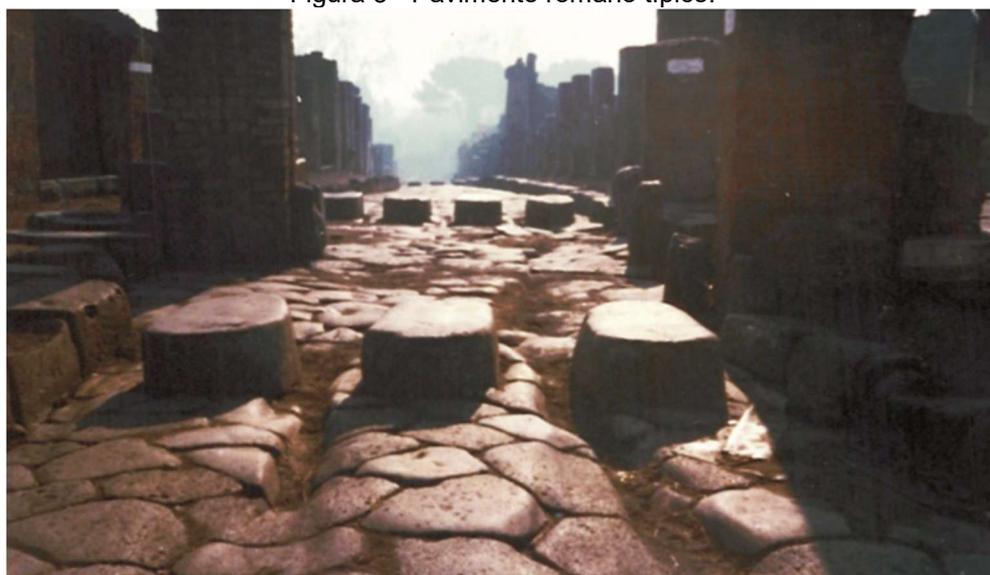
De acordo com Araújo et al. (2016), o modelo baseia-se na implementação de cimento como aglomerante hidráulico para interligação dos agregados do concreto, sendo a placa de cimento seu principal componente estrutural. O pavimento rígido tem maior durabilidade e melhor resistência às ações do tempo e agentes químicos, bem como aumenta sua resistência com o passar do tempo.

## 2.2. BREVE HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO

Conforme Bernucci et al. (2010), a história da pavimentação apresenta grande importância na história da humanidade. Desde o início do povoamento de continentes e conquistas territoriais, com pequenas vias de acesso percorridas apenas por pessoas e animais, bem como na urbanização e desenvolvimento de povos e culturas, onde a pavimentação de estradas serviu com o objetivo de cobrir e assentar o terreno para que houvesse melhor fluxo.

Durante a Idade do Bronze (em torno de 700 A.C), os mesopotâmios construíram uma rota entre o Império da Babilônia e o Egito. Tal rota possuía uma pavimentação com pedras e ladrilhos unidos com argamassa betuminosa. Embora ela não fosse tão usada para fins comerciais, serviu como inspiração para o sistema rodoviário romano, conforme Figura 3 (BALBO, 2007).

Figura 3 - Pavimento romano típico.



Fonte: Balbo (2007).

Dessa forma, Balbo (2007) relata que o surgimento e aperfeiçoamento das estradas está conectado com a necessidade da humanidade obter melhores acessos a áreas férteis e fontes de matéria prima, bem como o desejo de expandir os seus domínios de influência, remontando aos registros mais antigos do surgimento de estradas na China. Contudo, bem além no tempo, foram os romanos que aperfeiçoaram as estradas de modo similar ao que se conhece atualmente, por meio de instalação de drenagem e o uso de pedras como pavimentação, a fim de deixar essas construções mais duradouras. A Via Appia destaca-se como exemplo de estrada romana, merecendo atenção às técnicas empregadas em sua construção.

A primeira estrada construída no Brasil utilizou técnicas análogas ao modo de construção romano. Segundo Balbo (2007), a Calçada do Lorena foi construída em 1792 por iniciativa da capitania de São Paulo e ligava as vilas de Riacho Grande, hoje em São Bernardo do Campo à Cubatão, em Santos.

### **2.2.1. Pavimentos rígidos no mundo**

Segundo Mesquita (2001), os primeiros pavimentos de concreto relatados datam de mais de um século; foram executados na Cidade de Invernes, na Escócia, em 1865. O primeiro pavimento de concreto construído nos Estados Unidos data de 1893, conforme a *American Concrete Pavement Association* (ACPA, 2016), executado na cidade de Bellefontaine, no Estado de Ohio. O químico George Bartholomeu propôs pavimentar com recursos próprios a rua em frente a farmácia de seu primo, utilizando concreto, com a condição de que caso o desempenho do trecho fosse satisfatório após cinco anos, a prefeitura iria ressarcir o investimento empregado por ele. Atualmente está em uso mesmo após 125 anos, porém agora funcionando como calçadão para pedestres.

Conforme o Silva e Carneiro (2014), até a Segunda Guerra Mundial diversos países, principalmente na Alemanha e nos Estados Unidos, o pavimento de concreto obteve grande preferência na utilização em autoestradas. Nessa época, a Alemanha tinha cerca de 92% de suas autoestradas em concreto e os Estados Unidos tinham

em torno de 89% das grandes vias urbanas e 79% das vias rurais pavimentadas com concreto.

Os pavimentos de concreto têm sido amplamente utilizados nas estradas de primeira categoria e em vias urbanas de alto tráfego de muitos países. No Japão, Alemanha, Itália, Inglaterra e Bélgica, aproximadamente 50% das estradas são de concreto. Ainda, de acordo com Mesquita (2001), as primeiras estradas pavimentadas em concreto na América Latina datam no final da década de 1920, na Argentina e no México.

### **2.2.2. Pavimentos rígidos no Brasil**

No Brasil, as questões de pavimentação e malha viária são de extrema importância devido à grande extensão territorial do país, bem como a dependência do escoamento da produção nacional, que é bastante dependente à rodoviária, exigindo ainda mais cuidado com a preservação e manutenção das rodovias. Para Resende (2018), os governantes brasileiros nunca priorizaram em adotar outros tipos de sistema de transporte porque isso não tem impacto eleitoral, sendo a malha rodoviária utilizada para o escoamento de 75% da produção no país.

De acordo com o Silva e Carneiro (2014), o primeiro pavimento de concreto executado no país foi o Caminho do Mar, conforme Figura 4, ligando a cidade de São Paulo a Cubatão em 1926. Em 1932, foi realizada a pavimentação em concreto da travessia de São Miguel Paulista, da antiga estrada Rio - São Paulo. Até o início da década de 1950 era intensa a utilização do concreto na pavimentação brasileira, tanto em vias urbanas quanto em rodovias.

Figura 4 - Rodovia Caminhos do Mar.



Fonte: DER/PR.

Outros exemplos da utilização do pavimento de concreto são a BR-116/RJ, na subida da serra de Teresópolis e algumas rodovias dos Estados de Pernambuco e Paraíba. Porém, essa prática sofreu grande retenção a partir da Segunda Guerra Mundial, período em que houve grande demanda de concreto para construção civil, ainda, na mesma época os Estados Unidos desenvolveram extensa tecnologia de pavimentos flexíveis de asfalto.

### 2.3. TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

Os pavimentos rígidos possuem diversas características estruturais e diferentes exigências conforme o tipo de pavimentação escolhida, pois há mudanças na concepção estrutural e nos materiais utilizados em sua execução, detalhados a seguir. Vale ressaltar que este trabalho tem por objetivo analisar um pavimento rígido simples em concreto de cimento Portland.

#### 2.3.1. Pavimento de Concreto Simples

Conforme DNIT (2005), este tipo de pavimento é dotado de placas de concreto simples separadas por juntas moldadas ou serradas e não possui aço sob a forma de armadura distribuída, porém pode conter barras de transferência para mitigar os esforços nas juntas. Essas barras de aço são geralmente colocadas a 5cm da superfície e localizadas em cada junta transversal e longitudinal do

pavimento. As placas são apoiadas diretamente sobre a fundação, sendo apenas o concreto responsável por resistir aos esforços provenientes de carregamento.

Neste tipo de pavimento, a função de aliviar as tensões causadas pela retração do concreto devido a dilatação térmica é de responsabilidade das juntas, que também têm a função de evitar o empenamento da placa, controlando o possível surgimento de fissuras. O concreto usado na confecção das placas deve possuir resistência suficiente para a absorção dos esforços oriundos do carregamento e de ações temporais. O espaçamento recomendado entre as juntas serão abordados no decorrer do trabalho.

### **2.3.2. Pavimento de Concreto Armado**

Segundo DNIT (2005), esta é uma alternativa que utiliza armadura longitudinal contínua, com finalidade estrutural de combater as tensões de tração na flexão geradas na placa. Nesses pavimentos, a armadura principal é sempre colocada na parte inferior das placas, onde a maior parte dessas tensões se desenvolvem. É usualmente empregado em pavimentos de aeroportos ou vias de tráfego pesado.

Para Oliveira (2008), a grande vantagem deste tipo de pavimento está na redução da espessura da placa de concreto, possibilitando assim um maior espaçamento entre as juntas. Contudo, a redução do volume de concreto pode acarretar em fissurações devido à retração hidráulica do concreto, sendo combatida por meio da utilização de uma armadura superior. Dessa forma, o sistema de armadura dupla acaba permitindo um aumento no comprimento e maior redução na espessura da placa, bem como um maior espaçamento entre as juntas.

### **2.3.3. Pavimento tipo Whitetopping**

Segundo DNIT (2005), consiste na construção de pavimento em concreto de cimento Portland apoiado sobre pavimento asfáltico. Trata-se de uma solução para

reabilitação e aprimoramento de pavimentos asfálticos já existentes, sanando as deficiências existentes e melhorando seu desempenho, principalmente no que diz respeito ao conforto de rolamento e à segurança, bem como à economia, tanto dos usuários quanto dos mantenedores da via.

Conforme relata Oliveira (2008), no Brasil, onde grande parte da malha viária é de pavimento flexível, tal técnica de recuperação tem sido utilizada em alguns casos, gerando um aumento na qualidade dos pavimentos e diminuindo os ciclos de manutenção. Porém, quando o pavimento existente apresenta danos severos e deterioração contínua, devido ao tráfego pesado ou ao meio ambiente agressivo, é importante que as irregularidades da superfície existente sejam sanadas com uma camada asfáltica de nivelamento antes do lançamento do pavimento superposto.

#### **2.3.4. Sobrelaje sobre estrutura de concreto**

De acordo com DNIT (2005), este é o tipo de pavimento rígido executado em tabuleiros de pontes e viadutos, quando é designado como “sobre laje”, ou então sobre uma estrutura de concreto qualquer, como lajes em geral, grandes blocos de fundação ou outra similar. Esta alternativa não requer o emprego de métodos de dimensionamento, sendo a espessura e armação definidas empiricamente a partir da experiência e observação do desempenho destes pavimentos. A armação não tem função estrutural, destinando-se a combater os esforços decorrentes da retração e do empenamento restringido.

#### **2.3.5. Pavimento com peças pré-moldadas de concreto**

Conforme DNIT (2005), este tipo de pavimento é aplicado principalmente em acostamentos, recuos, pátios e outros locais onde a intensidade de tráfego, além de pequena, flui com baixa velocidade. Existem no mercado diversos tipos de peças pré-moldadas de concreto para pavimentação cujas tolerâncias dimensionais,

qualidade e resistência do concreto devem atender os requisitos estabelecidos na norma NBR 9781 (2013).

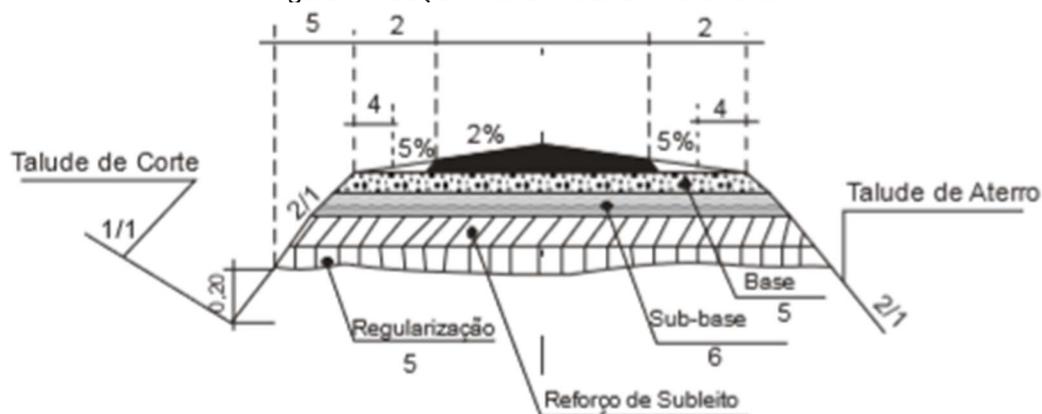
De maneira geral, as peças de concreto são assentadas sobre uma camada de areia ou pó de pedra, com espessura de 4cm. Esta camada e a peça de concreto são consideradas como base e revestimento do pavimento. Segundo Silva (2016), pode-se considerar que a contribuição estrutural dos blocos de concreto e camada de assentamento superem a de uma espessura equivalente de revestimento asfáltico, pois conforme os pavimentos intertravados de concreto recebem solicitações de tráfego, maior é sua capacidade estrutural. Tal fato ocorre devido ao efeito progressivo do intertravamento.

#### 2.4. ESTRUTURA DO PAVIMENTO RÍGIDO

De acordo com Senço (2001), o pavimento de concreto é formado basicamente por 4 camadas estruturais (Figura 5), sendo elas:

- a) revestimento e base: é considerado como a própria base, sendo o mesmo constituído por placas de concreto;
- b) sub-base: constitui-se de uma ou mais camadas de materiais apropriadamente compactados, sendo uma camada complementar à placa de concreto. Deve possuir material resistente à erosão e que apresente características superiores ao material de reforço;
- c) reforço do subleito: camada executada apenas quando for necessária, apresentando espessura constante transversalmente, mas podendo variar longitudinalmente. Tem como função uniformizar a capacidade de suporte no subleito e eventualmente diminuir a espessura da sub-base, sendo uma camada intermediária;
- d) regularização do subleito: esta é constituída sobre o subleito e tem como objetivo regularizá-lo de acordo com o projeto geométrico, geralmente por meio de terraplanagem no leito da via. Tem como função preparar a fundação para receber a estrutura do pavimento.

Figura 5 - Seção Transversal do Pavimento.



Fonte: DNIT (2006).

### 2.4.1. Regularização e reforço do subleito

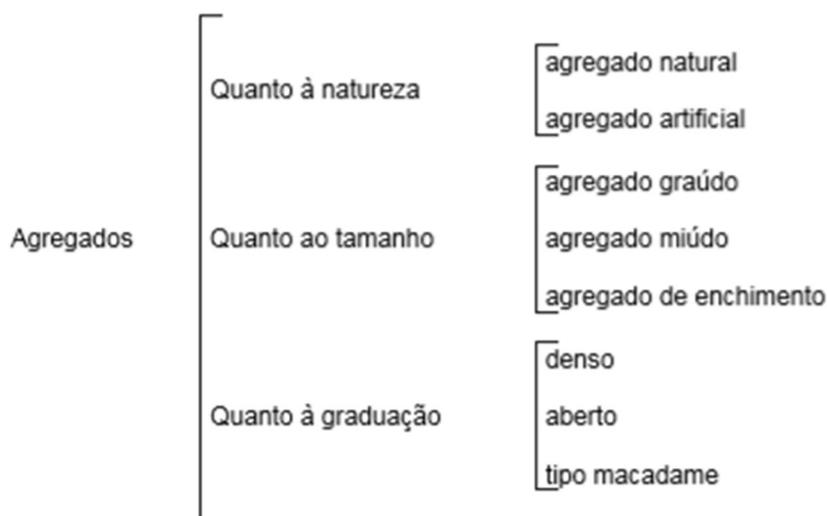
Conforme Júnior (1992), o subleito é o terreno de fundação do pavimento, considerando apenas a camada superficial do terreno, à medida que as tensões vão se reduzindo. Seu preparo consiste nas operações de terraplenagem, compactação e regularização, viabilizando que a superfície finalizada esteja em condições de receber as camadas que constituirão o pavimento. Quando necessária a camada de reforço, o material utilizado deve apresentar capacidade de suporte superior à do subleito.

De acordo com Pitta (1998), as correções da camada superficial do subleito e demais ações de terraplanagem são consideradas como operações de preparo de fundação. Ainda, no subleito de pavimento rígidos todos os tipos de solos são aceitáveis para utilização, com exceção de solos que apresentem alta expansibilidade ou que tenham índice de suporte inferior ao mínimo. Neste caso, deverão ser substituídos por solo que atenda as especificações de composição granulométrica, índices físicos, condições de compactação e valor mínimo de suporte.

Os solos deverão ser compactados em camadas onde se obtenha no mínimo 95% da massa específica aparente máxima seca da energia normal de compactação (ABNT NBR 7182:1986). Ainda, deverão ser removidos do eixo da rodovia toda vegetação e material orgânico presentes na mesma.

Conforme é definido pelo DNIT (2006), as principais propriedades físicas e mecânicas no campo rodoviário são permeabilidade, capilaridade, compressibilidade, elasticidade, contratilidade e expansibilidade e resistência ao cisalhamento. Também, os agregados usados em pavimentação podem ser classificados segundo a natureza, tamanhos e distribuição dos grãos conforme Figura 6.

Figura 6 - Classificação de Agregados.



Fonte: DNIT (2006).

Segundo Senço (2001), os solos apresentam vazios em sua estrutura que podem variar conforme sua formação. Estes vazios são preenchidos por ar ou água, apresentando um sistema polifásico, constituído pelas fases gasosa, líquida e sólida. É de grande importância conhecer a porcentagem na qual cada fase é encontrada, para assim determinar suas características. Dessa forma, foram criadas classificações para que possam haver análises em laboratório de diferentes comportamentos que o solo apresenta enquanto estrutura de fundação. Terminado o preparo do subleito, com sua devida compactação, regularização e reforço, começa-se o preparo para a sub-base, sendo a camada imediatamente acima do subleito.

## 2.4.2. Sub-base

Conforme Pitta (1998), a camada de sub-base é executada antes da camada de base e deve ser constituída de materiais melhores em relação ao subleito. Em projetos modernos com uso de pavimentos de concreto, torna-se necessário o uso de sub-base estável, com material homogêneo e não bombeável, quando há condições críticas de solos de subleito. De acordo com o Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT (DNIT, 2005), os tipos de sub-bases para pavimentos de concreto classificam-se conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Tipos de sub-bases para pavimentos de concreto.

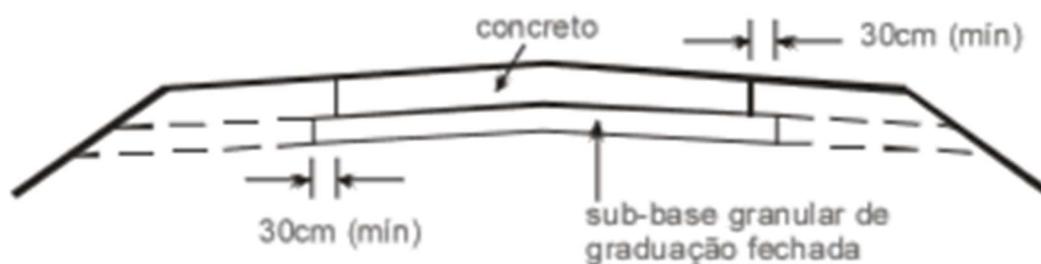
<b>Sub-base para pavimentos de concreto</b>	<b>Sub-bases granulares</b>	<b>Granulometria fechada</b>	
		<b>Granulometria aberta</b>	
	<b>Sub-bases tratadas</b>	<b>Com cimento</b>	<b>Solo-cimento Solo melhorado com cimento Brita graduada tratada com cimento Concreto rolado</b>
		<b>Com outros aditivos</b>	<b>Asfalto Cal Pozolana</b>

Fonte: DNIT (2005).

### 2.4.2.1. Sub-bases granulares

De acordo com o DNIT (2006), são camadas constituídas por solos, britas de rochas, escória de alto forno, bem como, pela mistura de todos esses materiais. Estas camadas são basicamente granulares e sempre flexíveis, além de serem estabilizadas granulometricamente pela compactação de um material ou de mistura de materiais que apresentem uma granulometria apropriada e índices geotécnicos específicos, fixados em especificações. A utilização de sub-bases granulares normalmente apresenta seções transversais conforme Figura 7.

Figura 7 - Seção transversal típica de sub-bases granulares



Fonte: DNIT (2005).

#### 2.4.2.2. Sub-bases estabilizadas com Cimento Portland

De acordo com o Manual de Pavimentos Rígidos do DNIT (2005), estes tipos de sub-bases são compostas por misturas de solo, agregados, água e Cimento Portland. Este Manual também especifica as indicações de faixas granulométricas, requisitos de dosagem, espessuras recomendadas e utilização ótima de cada tipo de sub-base estabilizada, conforme Quadro 2.

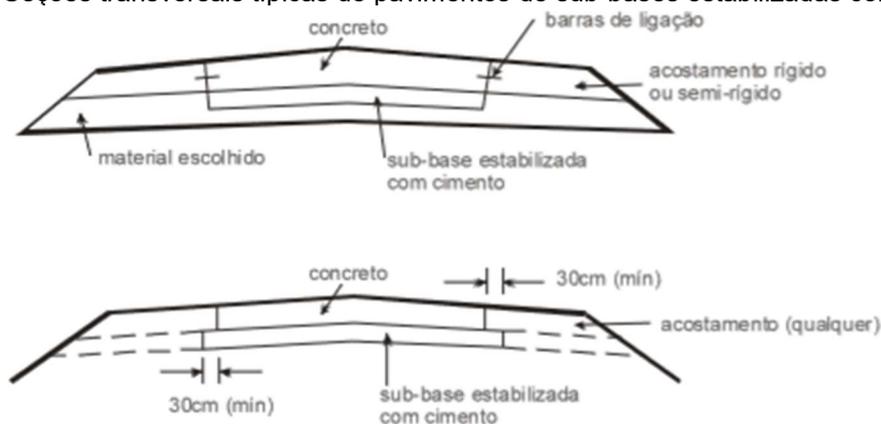
Quadro 2 - Características usuais de sub-bases estabilizadas com cimento.

Tipos de Estabilização	Requisitos Mínimos de Granulometria e Outros	Requisitos de Dosagem	Espessuras Usuais
Solo-cimento	Figura 14	1) Resistência mínima à compressão simples, aos 7 dias, entre 1,4 e 2,1 MPa 2) Consumo mínimo de cimento igual a 5% em massa	10cm a 20cm
Brita tratada com cimento	Figura 15	1) Resistência à compressão simples, aos 7 dias, entre 3,5 e 5,0 MPa 2) Consumo mínimo de cimento igual a 3% em massa	10cm a 20cm
Concreto pobre (ou rolado)	Figura 16	1) Resistência característica à compressão simples, aos 7 dias, entre 3,0 e 7,0 MPa. 2) Relação cimento:agregado entre 1:15 e 1:22	7,5cm a 15cm
Solo melhorado com cimento	DNER-ESP09-71	1) Índice de suporte Califórnia igual ou maior que 30% (conforme DNER-ES-P 09-71) 2) Consumo mínimo de cimento igual a 3% em massa	10cm a 20cm

Fonte: DNIT (2005).

As seções transversais típicas de um pavimento de concreto dotado de sub-bases estabilizadas com cimento são apresentadas conforme Figura 8.

Figura 8 - Seções transversais típicas de pavimentos de sub-bases estabilizadas com cimento.



Fonte: DNIT (2005).

### 2.4.3. Revestimento e base com placas de concreto

De acordo com DNIT (2006), o concreto de cimento é constituído por uma mistura relativamente rica de cimento Portland, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água, distribuído por uma camada devidamente adensada. Sendo essa camada responsável por funcionar como revestimento e base do pavimento ao mesmo tempo.

Balbo (2012) define concreto como:

Uma mistura devidamente proporcional de agregados graúdos, agregados miúdos, ligante hidráulico (tradicionalmente cimento tipo Portland, embora cimentos siderúrgicos e pozolânicos já estejam em pleno uso em alguns países) e água, além da eventual introdução de minerais durante a moagem do clínquer e de aditivos para inibir ou ressaltar, temporariamente, algumas características das misturas, com menção especial aos aditivos plastificantes (redutores de água na mistura) e dos retardadores e aceleradores de pega (BALBO, 2012, p. 66).

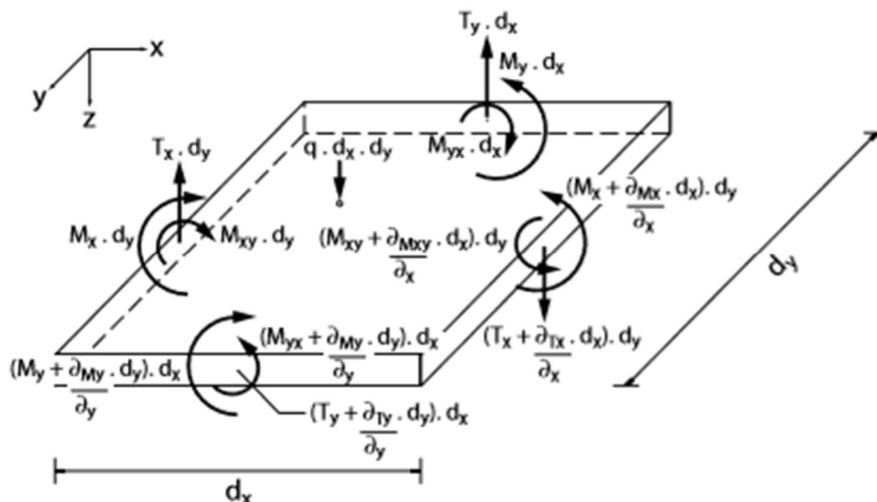
Conforme descrito por Pitta (1998), o pavimento de concreto é uma estrutura sujeita às ações mecânicas e ambientais de alta severidade, devido as cargas cíclicas e as variações de temperatura e umidade, exigindo elevadas resistências à tração na flexão e à compressão simples, bem como uma baixa variação de área e volume. Dessa forma, tais condições exigem um concreto de baixa plasticidade e com uma trabalhabilidade mínima.

O concreto, em pavimentação, deve possuir resistência característica à tração na flexão definida em projeto ou apresentar a resistência característica à compressão axial equivalente, desde que seja determinada em ensaio a correlação entre tais resistências, usando os materiais que efetivamente serão utilizados na obra. Além disso, deverá atender aos seguintes requisitos descritos na Norma DNIT 047/2004 – ES, como segue:

- a) resistência à tração na flexão será determinada em corpos de prova prismáticos, conforme os procedimentos constantes na NBR 5738 e NBR 12142;
- b) resistência à compressão axial será determinada em corpos de prova cilíndricos, conforme NBR 5738 e NBR 5739;
- c) idade de controle da resistência característica será definida no projeto.
- d) consumo mínimo de cimento será de 320kg/m<sup>3</sup>;
- e) relação água – cimento máxima deverá ser menor ou igual a 0,50l/kg;
- f) abatimento é determinado conforme NBR 7223, sendo 70mm ± 10mm;
- g) dimensão máxima característica do agregado no concreto não deve exceder 1/3 da espessura da placa do pavimento ou 50mm, sendo sempre o menor valor.
- h) teor de ar deve ser menor ou igual a 0,5%, conforme NBR NM 47;
- i) exsudação, medida conforme NBR NM 102, deve ser menor ou igual a 11,5%.

Ainda, segundo o DNIT (2004), a espessura necessária para a placa está diretamente ligada às tensões características de tração na flexão produzidas pelas cargas solicitantes e a relação entre estas tensões e a resistência do concreto à tração na flexão. A Figura 9 demonstra todas as ações de carregamento às quais a placa de concreto está sujeita.

Figura 9 - Elemento de placa em estado plano de tensões



Fonte: Balbo (2012).

#### 2.4.3.1. Cura do concreto

De acordo com DNIT (2004), o período total para cura deve ser de 7 dias, compreendendo um período inicial por volta de 24 horas, contadas assim que seja terminado o acabamento do pavimento, seguindo até o período final quando o concreto atingir a idade de 7 dias. Não deve ser admitido qualquer espécie de trânsito sobre o pavimento durante o período inicial de cura, bem como deve ser empregada a cura química, aplicando um composto químico líquido que forma uma película plástica sobre a superfície do pavimento, na ordem de 0,35 l/m<sup>2</sup> a 0,50 l/m<sup>2</sup>.

Após o período inicial de cura, a superfície do pavimento deve ser coberta com algum material que evite a exposição às intempéries e à perda brusca de umidade, tais como água, tecido de juta, cânhamo ou algodão, lençol plástico, lençol de papel betumado ou alcatroado e compostos químicos líquidos capazes de formar películas plásticas.

#### 2.4.3.2. Cimento Portland

Conforme descrito por Gomes da Silva (2009), o cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, praticamente

sem a presença de cal livre. Estes compostos hidratam-se quando misturados à água, produzindo o endurecimento da massa e fornecendo elevada resistência mecânica para a mistura.

De acordo com DNIT (2004), os tipos de cimento Portland considerados adequados para pavimentação de concreto simples são o CP-I (Comum), CP-II (Composto), CP-III (Alto Forno) e CP-IV (Pozolânico). Também poderão ser empregados outros tipos de cimento Portland, desde que devidamente comprovados aptos para a obra em questão. Pitta (1998) ressalta que a indústria brasileira oferece uma ampla gama de tipos de cimento para utilização em pavimentos rígidos, desde que consideradas as particularidades de cada tipo.

#### 2.4.3.3. Agregados

Conforme NBR 7211/2009, os agregados são compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, não devendo conter substâncias de natureza ou quantidade suficiente que possam afetar a hidratação ou pega do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade e o aspecto visual externo do concreto.

O agregado miúdo é aquele cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm, porém ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 $\mu$ m. O agregado graúdo é aquele cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75mm. Ambos definidos por ensaios realizados de acordo com a ABNT NBR NM 248 e peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1.

#### 2.4.3.4. Água

A água é fundamental para a mistura do concreto, servindo como reagente ao cimento Portland e responsável direta pela resistência da mistura. Conforme DNIT (2004), a água destinada ao amassamento do concreto não deve apresentar

substâncias prejudiciais ao processo de pega e endurecimento, devendo atender a alguns limites descritos na norma DNIT 036/2004-ME:

- a) apresentar pH entre 5,0 e 8,0;
- b) conter matéria orgânica (expressa em oxigênio consumido) até 3mg/l;
- c) resíduo sólido até 5000mg/l;
- d) sulfatos (expresso em íons SO<sub>4</sub>) até 600mg/l;
- e) cloretos (expresso em íons Cl) até 1000mg/l;
- f) açúcar até 5 mg/l.

Ainda, em caso de dúvidas, devem ser realizados ensaios comparativos de tempo de pega (pasta de cimento) e de resistência à compressão (argamassa de cimento), conforme DNIT 037/2004-ME.

#### 2.4.3.5. Aditivos

De acordo com DNIT (2006), aditivos são considerados como quaisquer substâncias que não os cimentos, água ou agregados usados como ingredientes para melhorar ou alterar características de um concreto, bem como as condições de concretagem. Sendo assim, quaisquer substâncias que se adicionem à água de amassamento ou aos demais componentes do concreto, antes ou durante a mistura, serão consideradas aditivos, desde que produzam modificações sensíveis nas características deste material. Os aditivos distribuem-se conforme seu efeito no concreto, sendo os principais:

- a) aceleradores de pega;
- b) expansores;
- c) retardadores de pega;
- d) redutores de água;
- e) impermeabilizantes;
- f) aceleradores de endurecimento;
- g) incorporadores de ar;
- h) anticorrosivo, fungicidas e inseticidas.

Ainda, DNIT (2004) ressalta que a dosagem do aditivo no concreto deverá ser aquela recomendada pelo fabricante. Em relação a temperatura ambiente, esta pode ser alterada para mais ou para menos em função dos efeitos obtidos, bem como pelo cimento empregado na obra ou demais condições. Após ser fixada tal dosagem no início da concretagem, a mesma não deve ser alterada, contanto que haja significativas modificações nas características dos materiais.

#### 2.4.3.6. Aço

Segundo Balbo (2012), o emprego do aço em pavimentos de concreto simples está na colocação das barras de transferência de carga, posicionando-as nas juntas transversais de modo que as cargas aplicadas sobre a placa tenham seus efeitos aliviados e parte do esforço seja transferido para a placa subsequente.

Conforme DNIT (2004), o aço utilizado para as barras de transferência ou de ligação deve obedecer a NBR 7480, sendo obrigatoriamente lisas e retas, do tipo CA-25 para as barras de transferência e nas barras de ligação usa-se o aço CA-50, admitindo-se o aço CA-25 como alternativa. Onde houve emprego de telas soldadas nas armaduras de combate à fissuração, as mesmas deverão atender a NBR 7481.

#### 2.4.3.7. Juntas

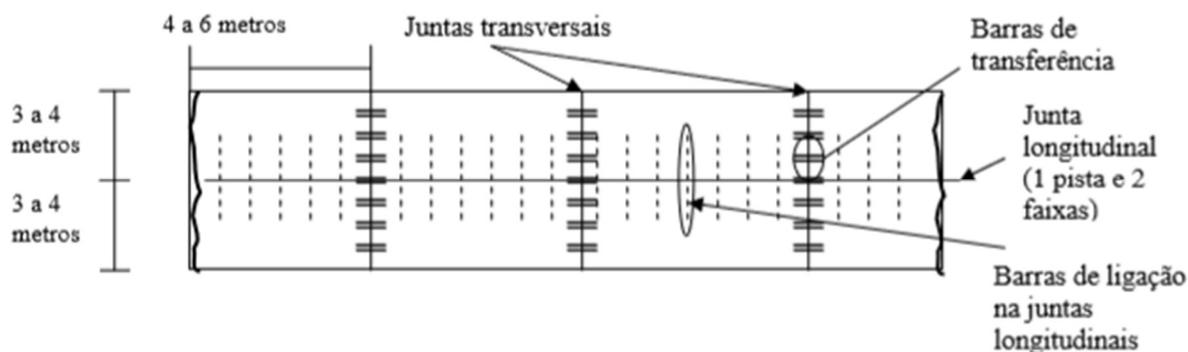
De acordo com DNIT (2004), as juntas têm como função aliviar as tensões causadas pela retração do concreto devido a dilatação térmica, bem como evitar o empenamento da placa, controlando o possível surgimento de fissuras. Todas as juntas devem seguir as posições indicadas em projeto e não é permitido desvios de alinhamento superiores a 5mm.

Segundo Balbo (2012):

A motivação principal para serragem das juntas igualmente espaçadas é o controle da retração hidráulica na massa de concreto fresca, de grande área e volume, exposta às condições ambientais mais desfavoráveis possíveis (sol, chuva, ventos), se comparas às condições de cura de concretos em estruturas corriqueiras. (BALBO, 2012, p. 31).

Para Pitta (1998), as juntas podem ser classificadas de acordo com sua posição, sendo transversais ou longitudinais, bem como conforme sua função, sendo de retração, de construção, de articulação e de expansão, gerando implicações diretas no método executivo, conforme Figura 10.

Figura 10 - Barras de transferência em juntas

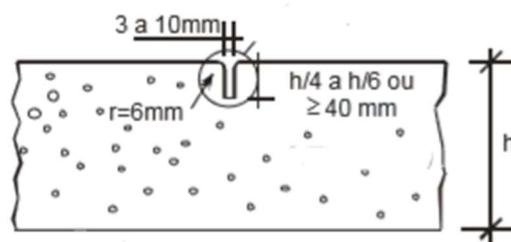


Fonte: Gomes da Silva *apud* Vieira Filho (2004).

De acordo com DNIT (2005), as juntas transversais de retração têm como sua principal função controlar o aparecimento de fissuras devido à contração volumétrica do concreto, devendo ser retilíneas em toda sua extensão e perpendiculares ao eixo longitudinal do pavimento. Também podem conter barras de transferência, dessa forma, além de controlar as fissuras de retração do concreto, também agem transferindo o carregamento de uma placa para outra.

A junta é feita a partir de um corte ou ranhura feita na superfície do pavimento, com uma profundidade que deve ficar entre  $1/4$  e  $1/6$  da espessura da placa, não podendo ser inferior a 4cm. A abertura da ranhura pode variar entre o mínimo de 3mm quando for serrada, até o máximo de 10mm quando aberta em concreto fresco, sendo 6mm de abertura o valor mais usual, conforme Figura 11.

Figura 11 - Junta transversal de retração



Fonte: DNIT (2005).

As juntas longitudinais de articulação, conforme DNIT (2005), são empregadas no controle das fissuras longitudinais, provenientes do empenamento da placa de concreto, podendo servir ao mesmo tempo como juntas de construção. Recomenda-se uma distância entre juntas longitudinais de no máximo 3,75m, conforme Figura 12. É possível o emprego de barras de ligação quando houver necessidade de manter as faixas de tráfego livres de movimentos laterais.

Figura 12 - Dimensões recomendadas para placas de concreto.



Fonte: DNIT (2005).

Segundo DNIT (2005), as juntas longitudinais de construção coincidem com o mesmo tipo e espaçamento das juntas longitudinais de articulação. Sendo o mais viável usar a mesma junta com as duas funções, desde que possível, tornando-a na própria junta longitudinal de articulação com barras de ligação. As juntas transversais de construção só serão necessárias quando, por algum imprevisto, seja necessário parar a concretagem antes de atingir a junta transversal projetada.

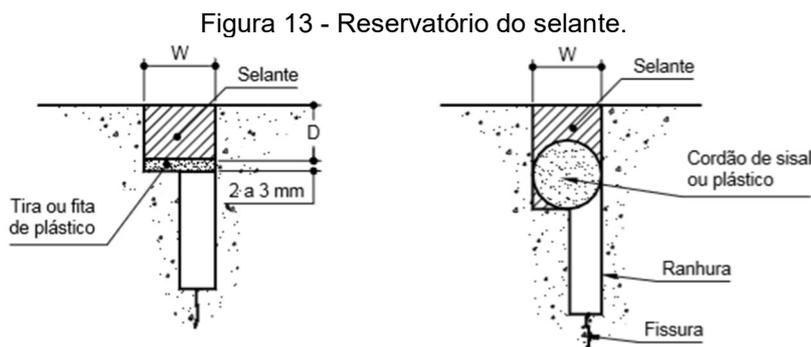
Ainda conforme DNIT (2005), os projetos modernos de pavimentação em concreto descartam o uso sistemático de juntas de expansão, salvo em locais como cruzamentos assimétricos de vias com larguras sensivelmente distintas ou em encontros do pavimento com demais estruturas, tais como pontes e prédios.

#### 2.4.3.8. Selagem das juntas

De acordo com DNIT (2005), um material selante adequado deve possuir propriedades bem definidas como fluidez, viscosidade, adesividade, dureza, período de cura, elasticidade, resistência à oxidação e à fissuração e coesão mínima. Os materiais selantes podem ser vazados no local, à frio ou à quente, ou

pré-moldado por produção industrial, devendo atender as exigências da norma DNIT – 046/2004-ES – Pavimento Rígido – Selante de Juntas – Especificação de Material.

DNIT (2004) relata que o material de selagem apenas pode ser aplicado quando os sulcos das juntas estiverem secos e limpos, devendo ser empregado o uso de ferramentas como ponta em cinzel que penetrem na ranhura das juntas sem danificar a mesma, vassouras de fios duros ou jatos de ar comprimido, conforme Figura 13.



Fonte: DNIT (2005).

## 2.5. DESEMPENHO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

Conforme DNIT (2005), o dimensionamento de pavimento rígido pressupõe uma avaliação baseada nas solicitações e nas características da fundação. Dessa forma, é possível a determinação da espessura necessária de concreto considerando as devidas condições especiais de projeto. Durante a operação da rodovia, devem ser desenvolvidos procedimentos que permitam verificar o cumprimento ou não das previsões feitas no projeto, em especial aos carregamentos e distribuição de tráfego.

Segundo Cervo (2004), o tráfego ao qual o pavimento está sujeito é de extrema importância no comportamento de fadiga, uma vez que a intensidade do carregamento cíclico pode acelerar o surgimento de fissuras e até mesmo colapsar a estrutura do pavimento por meio da fissuração, que tem início e se desenvolve na camada de maior rigidez da estrutura.

### 2.5.1. Patologias do pavimento rígido

Para Oliveira (2008), um dos grandes problemas na pavimentação rígida está no surgimento de fissuras, provocadas por variações volumétricas do concreto, empenamento restringido das placas e solicitações de tráfego. O desenvolvimento de uma fissura ocorre nas primeiras horas após a concretagem devido à retração plástica do concreto ou às retrações e dilatações causadas pelas variações volumétricas.

#### 2.5.1.1. Fissuras

Conforme Norma DNIT 061/2004 – TER, as fissuras podem ser classificadas:

- a) fissura de canto;
- b) fissuras lineares (transversais, diagonais e longitudinais);
- c) fissuras superficiais;
- d) fissuras de retração plástica.

Para Balbo (2012), as fissuras de canto geralmente ocorrem na forma de semicírculos entre os cantos das quatro placas em comum. Elas podem ser causadas pela perda de suporte sob o canto da placa de concreto, surgimento das deformações térmicas ou pelo empenamento provocado pela umidade e grandes deslocamentos. Tal perda de suporte pode ser causada devido ao bombeamento, desnivelamento ou por uma simples transferência de carga por meio das juntas longitudinais, transversais ou acostamentos.

Ainda segundo Balbo (2012), as fissuras lineares transversais cruzam a laje na direção perpendicular à borda e à direção de tráfego, estando localizada próxima à borda ou às fissuras preexistentes, com formato de fissuras próximas e paralelas. Essas fissuras estão associadas à baixa resistência do concreto à compressão, sendo também causadas por ciclos de congelamento e descongelamento em climas temperados.

Conforme Oliveira (2008), as fissuras longitudinais geralmente se desenvolvem paralelamente à borda da placa de concreto, na direção do tráfego. É

causada principalmente pela variação de temperatura, variação de umidade e insuficiência da espessura da placa de concreto. Segundo DNIT-TER (2004), as fissuras superficiais são fissuras capilares que ocorrem apenas na superfície da placa. Bem como as fissuras de retração plástica, são pouco profundas e de comprimento limitado, formando ângulo de 45° e 60° com o eixo longitudinal da placa. A Figura 14 apresenta a aparência em campo de uma fissura de canto.

Figura 14 - Fissura de canto.



Fonte: DNIT-TER (2004).

#### 2.5.1.2. Empenamento das placas

Segundo Oliveira (2008), as variações de temperatura diárias e sazonais causam tensões térmicas na placa de concreto. Durante o dia, o topo do pavimento está mais exposto a altas temperaturas do que a face inferior. Dessa forma, a superfície da placa tende a expandir com relação à linha neutra enquanto que a base tende a se contrair. Ainda, à noite ocorre o processo inverso, forçando ainda mais a placa. Contudo, o peso próprio da placa restringe essa tendência de movimento fazendo com que sejam induzidas tensões de compressão na superfície da placa, bem como tensões de tração na base, conforme Figura 15.

Figura 15 - Empenamento de placas devido assentamento.



Fonte: DNIT-TER (2004).

### 2.5.1.3. Destacamento superficial

De acordo com Oliveira (2008), o destacamento superficial do concreto ocorre na junta transversal e corresponde a uma fratura da espessura da laje. Ocorre próximo à junta, surgindo a partir das fissuras transversais ou de canto, conforme Figura 16. As principais causas são a presença de materiais incompressíveis nas juntas, baixa durabilidade do concreto e desgaste das juntas transversais contendo barras de transferência de carga.

Figura 16 - Destacamento superficial.



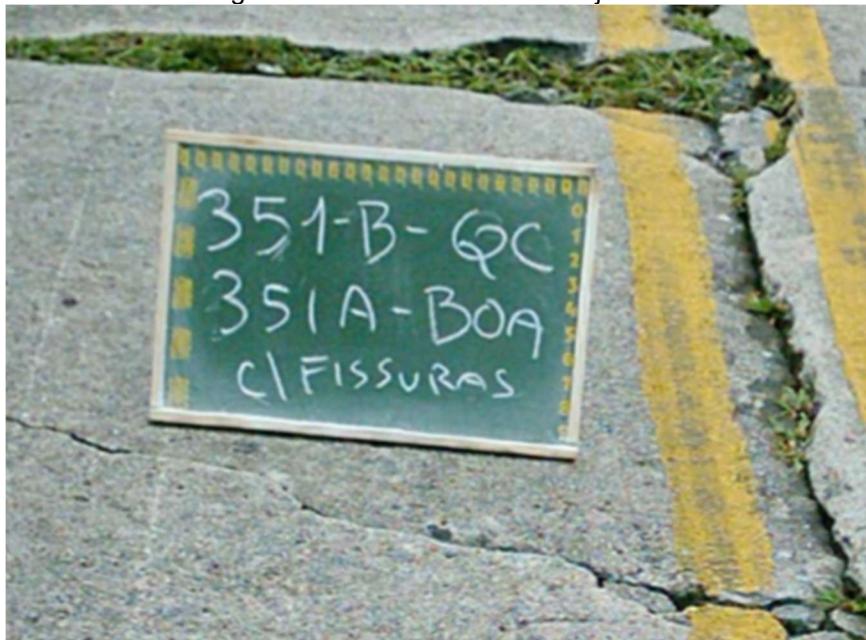
Fonte: DNIT-TER (2004).

#### 2.5.1.4. Desnívelamento das juntas e escalonamento

Para Oliveira (2008), o desnívelamento das juntas é caracterizado pela ocorrência de deslocamentos verticais diferenciados e permanentes entre uma placa e outra adjacente, na região da junta. Tal diferença de nivelamento é resultado do acúmulo de materiais sob a laje posterior e possível perda de material sob a laje anterior. Conforme DNIT-TER (2004), o escalonamento é caracterizado pela ocorrência de deslocamentos verticais diferenciais, permanente entre uma placa e outra adjacente na região da junta.

Ainda, de acordo com Oliveira (2008), o tráfego pesado sobre as juntas transversais é a principal causa do desnívelamento, provocando uma rápida elevação da laje posterior, declive da laje anterior e movimentação de material na parte inferior da placa de concreto. Essa patologia provoca um desconforto ao usuário, pois o pavimento fica acidentado, dando a impressão de haver um “degrau” na pista, conforme Figura 17.

Figura 17 - Desnívelamento nas juntas.

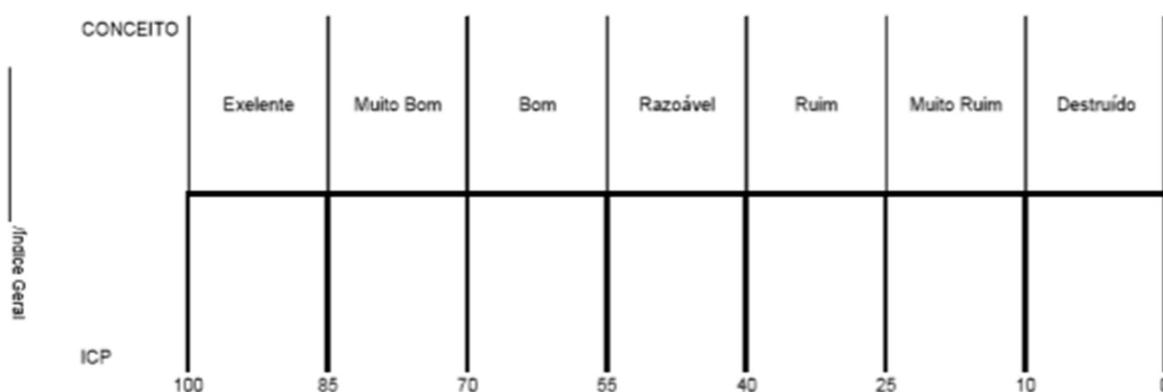


Fonte: DNIT-TER (2004).

## 2.5.2. Índice de Condição do Pavimento (ICP)

De acordo com DNIT 062/2004 – PRO, o Índice de Condição do Pavimento (ICP) consiste em uma avaliação da condição estrutural do pavimento, capaz de fornecer ao engenheiro de pavimentação informações suficientes para a verificação das condições da rodovia e para o planejamento de políticas de manutenção, prevenção e recuperação. Tal avaliação possui uma escala conforme Figura 18.

Figura 18 - Escala de avaliação do ICP.



Fonte: DNIT-PRO (2004).

Ainda, conforme DNIT (2005), a inspeção visual baseada no método do ICP pode ser realizada periodicamente, sem a necessidade de equipamentos complexos ou de grande porte, facilitando o processo e fornecendo informações sobre localização de defeitos de maior gravidade e do agravamento do processo de degradação do pavimento. As informações permitem definir os serviços imediatos de recuperação e definir as prioridades na elaboração de um plano de conservação levando em conta as verbas disponíveis. A definição do ICP será descrita no próximo capítulo.

### 3. METODOLOGIA

O presente trabalho baseia-se no estudo de caso do atual estado de conservação de um pavimento rígido, localizado na cidade de Caxias do Sul/RS, em uma via utilizada exclusivamente como corredor de ônibus urbanos que liga o centro da cidade com bairros de alta densidade demográfica. Tal via já era utilizada como corredor de ônibus antes de sua pavimentação em concreto, porém o elevado fluxo desses veículos ocasionava um excesso de carga sobre o pavimento asfáltico, criando uma série de manifestações patológicas ao longo de sua extensão.

Segundo Gil (2010), esta modalidade de pesquisa é amplamente utilizada e compreende um estudo profundo e detalhado de um ou mais objetos. Ao contrário dos estudos experimentais ou levantamentos de dados, no estudo de caso a metodologia não é rígida e única. Os estudos de caso podem ser utilizados com vários propósitos, dentre eles explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos, preservar o caráter unitário do objeto estudado, formular hipóteses ou desenvolver pesquisas.

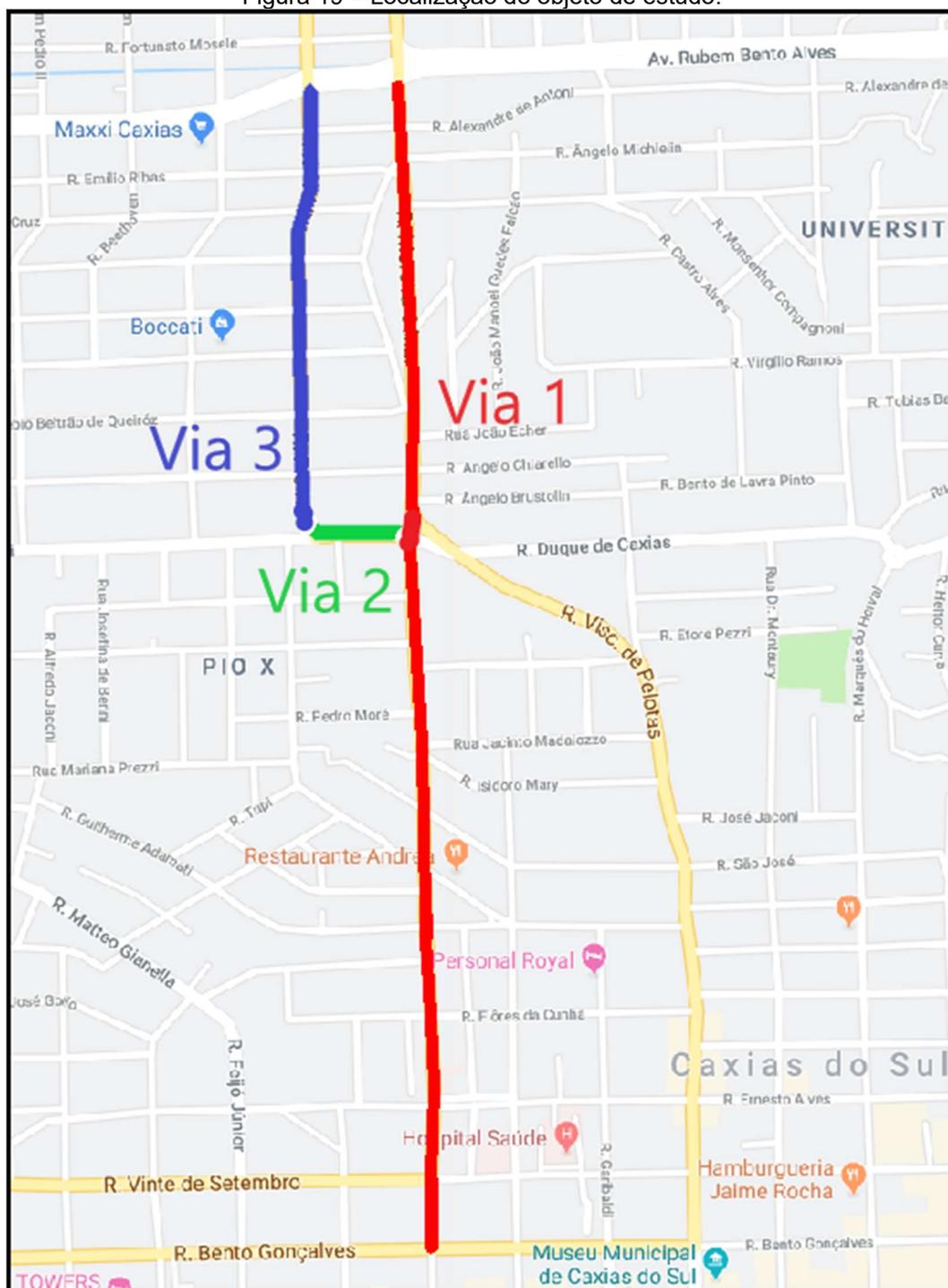
Para se obter a análise proposta, foi usado como parâmetro o ICP (Índice de Condição do Pavimento), cuja escala varia de 0 a 100 e a eles são associados conceitos que variam de destruído a excelente. Tal ferramenta tem por objetivo avaliar o estado estrutural e de rolamento da via inspecionada. O trecho analisado foi avaliado por Aver (2016), apresentando um ICP igual a 85,64, o que equivale a um estado estrutural considerado como “Excelente”. Dessa maneira, ao ser novamente avaliado, pode-se fazer uma análise dos resultados e da deterioração do trecho estudado, levando em conta as possíveis causas das manifestações patológicas e desempenho da estrutura.

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDO

Para o objeto de estudo deste trabalho foi escolhido um trecho que se prolonga em 3 vias da cidade de Caxias do Sul (Via 1: Rua Moreira César, Via 2: Avenida Rossetti e Via 3: Rua Pio XII), delimitado pela Avenida Rubem Bento Alves

ao norte e pela Rua Bento Gonçalves ao Sul, conforme Figura 19. Tal trecho já tivera seu ICP avaliado no ano de 2016 e descrito no trabalho acadêmico “Análise do índice de condição da pavimentação rígida de uma via urbana”, onde o autor relata problemas permanentes de manutenção e falta de condições de operação para o transporte coletivo na via (AVER, 2016).

Figura 19 – Localização do objeto de estudo.



Fonte: Google Maps, 2019.

As ruas citadas anteriormente tiveram o pavimento rígido construído em apenas uma faixa de tráfego, sendo esta destinada exclusivamente para corredor de ônibus, com a primeira pavimentação em concreto de cimento Portland em 2016, completando em 2019 cerca de 3 anos de vida útil. Este trecho é um dos principais corredores coletivos entre o Centro e a Zona Norte de Caxias do Sul. Segundo a Viação Santa Tereza (VISATE – empresa que opera o transporte público na cidade), este corredor é utilizado por 17 linhas de ônibus transportando diariamente em torno de 32.000 passageiros, com volume de tráfego diário de 603 ônibus/dia neste trecho.

As dimensões totais do trecho em pavimento rígido são de aproximadamente 2.620,00m de comprimento por 3,55m de largura, correspondendo a 9.300,00m<sup>2</sup> de área. As placas de concreto possuem 5,00m de comprimento cada. As demais faixas da via são pavimentadas com revestimento asfáltico, onde também houveram reparos no ano de 2016. Além disso, as tubulações de água, esgoto e outras redes de serviços subterrâneas, eventualmente instaladas longitudinalmente à pista dos corredores, foram deslocadas para fora do pavimento de concreto.

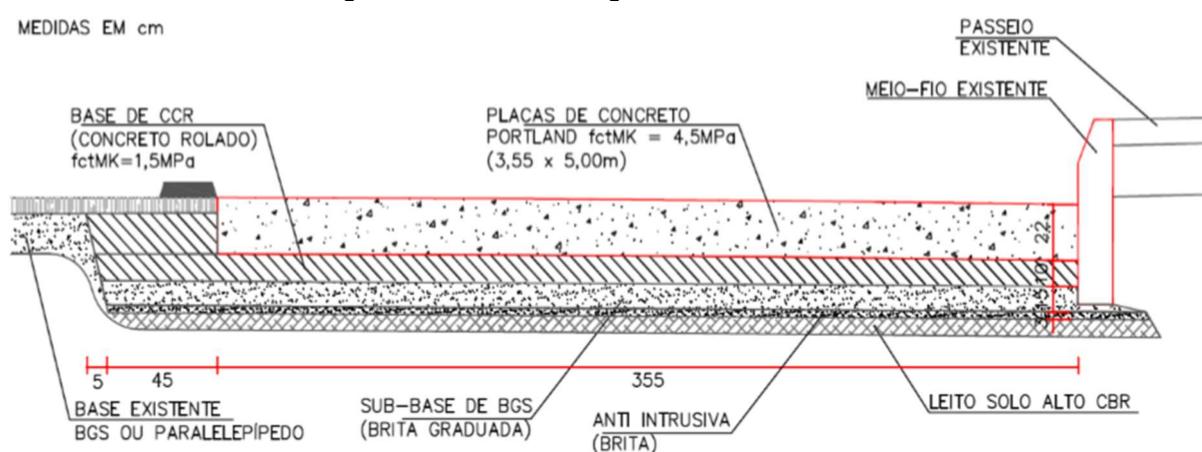
### 3.2. EXECUÇÃO DO PAVIMENTO

Nesta etapa, foi utilizado como referência a descrição feita por Aver (2016), pois trata-se do mesmo trecho analisado e possibilita relacionar os atuais defeitos do pavimento com o processo executivo. Também foi usado como base Garnett Neto (2001), que trata de conceitos mais globais da construção de um pavimento rígido.

Um pavimento de concreto, quando projetado e construído adequadamente, deve apresentar um ICP elevado e conceito excelente logo após a conclusão de sua construção. Uma vez em operação, no entanto, as solicitações de carga impostas ao pavimento provocam perdas na sua condição estrutural, de modo que seu desempenho diminui ao longo dos anos. Normalmente os primeiros defeitos aparecem em pouco tempo e, quando não tratados em tempo hábil, agravam-se provocando o surgimento de patologias. Sendo assim, percebe-se a importância de uma execução bem feita, respeitando as normas e bibliografias da área de atuação.

Resumidamente, o pavimento rígido estudado foi executado após uma regularização do leito da pista, onde houve a execução de uma camada anti-intrusiva de 3cm de espessura em material britado. Logo após, foi executada a camada de sub-base com 15cm de espessura em brita graduada, seguida por uma camada de CCR (concreto compactado a rolo) com espessura de 10cm. Por fim, foram executadas as placas com 22cm de espessura em concreto de cimento Portland, conforme Figura 20. Após sua conclusão, apresentou uma resistência característica à tração na flexão de 4,5MPa, de acordo com a Norma DNIT 054/2004 – PRO.

Figura 20 - Pavimento rígido executado no local

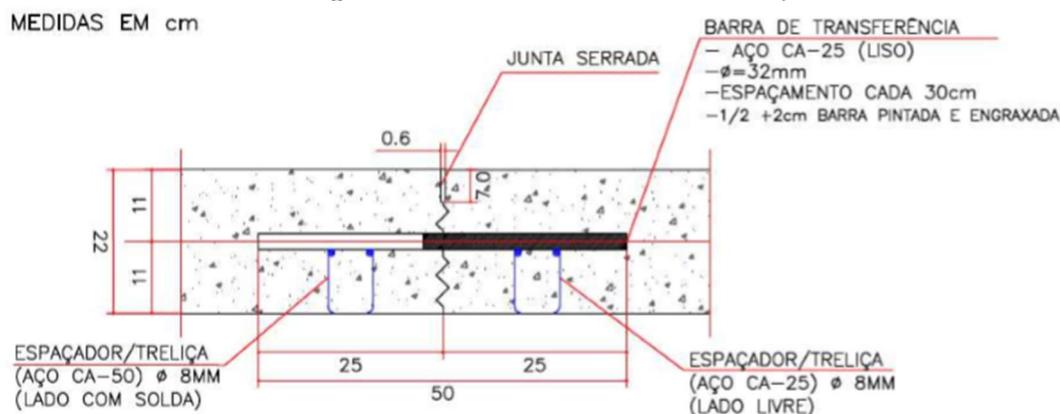


Fonte: Secretaria Municipal de Trânsito, Transportes e Mobilidade, 2013.

Conforme descrito por Aver (2016), o concreto utilizado era usinado com cimento do tipo CII-F com aditivo plastificante-redutor e adição de fibras de polipropileno ( $4kg/m^3$  de concreto), possuindo  $380kg/m^3$  de cimento, relação  $a/c = 0,537$  e resistência mínima de 4,5MPa.

Ao longo do pavimento, foram executadas juntas transversais de retração a cada 5 metros, as quais foram instaladas barras de transferência com aço CA-25, com diâmetro de 32mm e 50cm de comprimento, espaçadas 30cm entre si e à 11cm do solo, sendo inteiramente pintadas com tinta anticorrosiva e com graxa até a metade de sua extensão mais 2 cm, permitindo a livre movimentação, conforme Figura 21.

Figura 21 - Juntas transversais de retração.



Fonte: Secretaria Municipal de Trânsito, Transportes e Mobilidade, 2013.

Exceto por alguns reparos feitos com massa asfáltica, o pavimento não sofreu intervenções de manutenção maiores. A execução deste trecho foi acompanhada e documentada por Aver (2016), a qual está no Anexo B e servirá como referência para este trabalho neste quesito. Junto à pavimentação da via, foram realizados outros serviços como drenagem, recuperação do subleito, meio-fio, passeios e realocação de tubulações subterrâneas.

A identificação de todos os problemas durante o acompanhamento dos processos e tarefas executadas na obra foi realizada por meio de registros escritos e fotográficos, seguindo a mesma ordem cronológica da etapa anterior. Os pontos identificados como inapropriados ou inadequados, quanto ao processo de execução, foram baseados conforme as exigências e recomendações das especificações apresentadas a seguir:

- DNIT 046/2004 EM - Pavimento Rígido - Selante de Juntas;
- DNIT 047/2004 ES - Pavimento Rígido - Execução com Equipamentos de Pequeno Porte;
- DNIT 048/2004 ES - Pavimento Rígido - Execução com Forma Trilho;
- DNIT 049/2013 ES - Pavimento Rígido - Execução com Forma Deslizante;
- DNIT 050/2004 EM - Pavimento Rígido - Cimento Portland.

### 3.3. CÁLCULO DO ICP

Esta etapa consiste basicamente em uma avaliação da condição estrutural do pavimento, baseado no cálculo do ICP (Índice de Condição do Pavimento). Esta avaliação possui como resultado um conceito que varia conforme de uma escala definida pela norma DNIT 062/2004 PRO – Pavimento Rígido – Avaliação Objetiva – Procedimento. Inicialmente são verificadas as manifestações patológicas presentes no pavimento, de acordo com as especificações do DNIT de inspeção e avaliação de pavimentos rígidos, todas tratando de como identificar defeitos presentes no pavimento:

- DNIT 060/2004 PRO – Pavimento Rígido – Inspeção visual – Procedimento;
- DNIT 061/2004 TER - Pavimento Rígido – Defeitos – Terminologia;
- DNIT 062/2004 PRO – Pavimento Rígido – Avaliação Objetiva – Procedimento.

A avaliação dos dados obtidos na inspeção de trechos de uma rodovia, em conjunto com as informações documentais da mesma, possibilita que seja determinada a condição estrutural e o comportamento da pavimentação rígida, bem como as prováveis patologias futuras na via. Sendo assim, de acordo com a norma DNIT 062/2004 PRO, a avaliação objetiva baseia-se nas seguintes fases:

- a) análise dos dados obtidos na inspeção: o engenheiro responsável pela avaliação analisará os dados presentes na Ficha de Inspeção, por cada uma das amostras inspecionadas, dando atenção especial ao material anexado as fichas;
- b) cálculo dos Índices de Condição do Pavimento: calcula-se o ICP de cada amostra inspecionada, bem como do trecho considerado;
- c) atribuição de conceitos: o avaliador deve atribuir um conceito em função do ICP para cada uma das amostras e ao trecho;
- d) análise do cadastro documental: o avaliador deve fazer um levantamento histórico da via, buscando obter possíveis informações sobre dados de projeto, construção, operação e reparação na via;

- e) emissão de laudo: nesta fase o avaliador deve formular um diagnóstico do trecho, referindo-se a condição estrutural do pavimento.

A coleta de dados do trecho avaliado foi realizada com um total de 28 amostras de aproximadamente 100m cada uma, abrangendo toda a extensão do pavimento. De acordo com as especificações do DNIT, durante a coleta de dados é necessário para o cálculo do ICP a identificação e classificação de alguns pontos:

- a) descrição da manifestação patológica, segundo a norma DNIT 061/2004 TER - Pavimento Rígido – Defeitos;
- b) severidade de cada manifestação patológica, segundo a norma DNIT 060/2004 PRO - Pavimento Rígido - Inspeção Visual;
- c) quantidade de cada manifestação patológica, segundo indicações da norma DNIT 060/2004 PRO - Pavimento Rígido - Inspeção Visual;
- d) levantamento dos defeitos atípicos segundo as indicações da norma DNIT 060/2004 PRO - Pavimento Rígido - Inspeção Visual.

Conforme DNIT 062/2004 PRO, para calcular o ICP de uma amostra, subtrai-se de 100 (valor do ICP quando não há nenhum defeito visível), um somatório de “valores deduzíveis” (CVD), em função dos tipos e dos graus de severidade e das densidades de defeitos visíveis nas placas de concreto. Esses defeitos devem ser registrados na Ficha de Inspeção da amostra, tal ficha é apresentada no Anexo A. Sendo assim, tem-se o seguinte modelo matemático, dado pela Equação 1.

$$ICP = 100 - \sum_{I=J}^P \sum_{j=i}^{mi} A(T_i, S_j, D_{ij}) F(t, q) \quad (1)$$

Onde:

ICP = Índice de Condição do Pavimento;

A = valor deduzível, depende do tipo do defeito (Ti), do grau de severidade (Sj) e da densidade de defeitos (Dij);

i = contador para tipos de defeitos;

j = Contador para grau de severidade;

p = número total de placas defeituosas;



O avaliador deve preencher todos os campos das Fichas de Inspeção assinalados com asteriscos e atribuir a cada uma das amostras e trechos um conceito em função do ICP calculado. Logo, o avaliador analisa todas as informações fornecidas pela inspeção visual e pelo cadastro documental da via e assim poderá discordar do conceito atribuído ao trecho. Em caso de discordância, deve prevalecer o conceito com base no cálculo. Para o cálculo do ICP do trecho, DNIT (2004) define se caso a inspeção for realizada ao longo de toda sua extensão, então o valor do ICP será a média aritmética de todos os valores dos ICP obtidos.

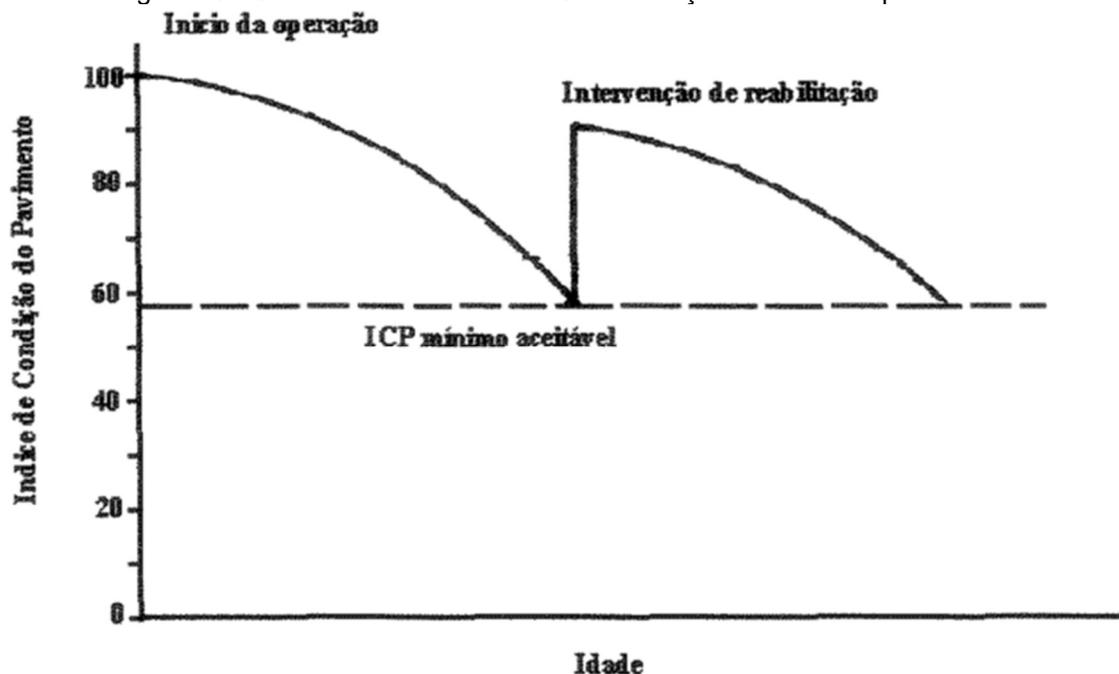
### 3.4. PREVISÃO DE DESEMPENHO

Para se determinar o desempenho futuro ou deterioração futura do pavimento, é necessário conhecer o seu desempenho passado. Sendo assim, a curva de deterioração futura deve, preferencialmente, ser estabelecida a partir dos valores de ICP levantados ao longo do tempo que, por sua vez, devem constar no banco de dados do pavimento. Dessa forma, as inspeções feitas no pavimento devem fornecer as ferramentas necessárias para o estabelecimento de modelos matemáticos de deterioração.

Para este trabalho, optou-se pelos modelos empíricos ou de regressão direta, que relacionam variáveis dependentes com variáveis independentes. No caso de pavimentos rígidos, as variáveis dependentes são dadas pelo valor do ICP, enquanto as variáveis independentes são fornecidas pela idade do pavimento no momento das inspeções ou conforme o tráfego. Então, a partir dos pontos coletados, é possível determinar, por regressão, a equação da curva de desempenho.

O grau de precisão dos modelos empíricos depende da quantidade de pontos coletados ao longo da vida do pavimento. Contudo, devido ao fato do pavimento estudado ter poucos anos desde a sua construção, este será o segundo trabalho onde será avaliado o seu ICP. Logo, havendo apenas dois pontos no gráfico, não será possível traçar uma curva simples de deterioração, cabendo a trabalhos futuros a inserção de mais pontos. Geralmente, todo pavimento, seja ele flexível ou de concreto, apresenta deterioração similar a curva representada na Figura 23.

Figura 23 - Curva do decréscimo do ICP em função da idade do pavimento.



Fonte: Garnett Neto (2001).

Em pavimentos cujos defeitos são monitorados por meio de inspeções frequentes, a obtenção de uma curva de desempenho correspondente a um procedimento relativamente simples. Tal curva pode ser obtida a partir da plotagem dos pontos medidos em um sistema cartesiano, adotando-se as seguintes premissas:

- a) considera-se o ICP do pavimento, em função da idade ou tráfego;
- b) consideraram-se as idades do pavimento (eixo das abcissas) como as variáveis independentes e os valores do ICP (eixo das ordenadas) como as variáveis dependentes.

Os demais valores do ICP serão obtidos pela regressão polinomial dos pontos conhecidos, cuja forma genérica é apresentada pela equação 2.

$$ICP(idade) = a_0 + a_1(idade) + a_2(idade)^2 \quad (2)$$

Onde:

ICP(x) = (variável dependente) de condição pavimento no ano x;

Idade = (variável independente) idade do pavimento;  
a0, a1 e a2 = constantes.

Por fim, foi feita uma comparação entre o valor do ICP anterior e atual, resultando no índice de deterioração, bem como a relação destes índices com as manifestações patológicas encontradas e os problemas de execução registrados por Aver (2016). Assim, foi possível encontrar de forma mais rápida e precisa as principais causas das patologias de maior relevância na avaliação. Também, a relação feita entre os dados pode aperfeiçoar a execução de pavimentos futuros, evitando que estas manifestações se repitam no trecho analisado, gerando maior conforto para os usuários e maior vida útil para o pavimento.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. CÁLCULO DO ICP

#### 4.1.1. Patologias encontradas

Durante a coleta de dados, a partir da inspeção visual objetiva, foi possível perceber que a grande maioria das manifestações patológicas encontradas na pavimentação se concentrava na execução das juntas transversais, nas emendas de concretagens e nos pontos com algum tipo de intervenção.

Nas juntas transversais haviam muitas falhas na selagem, com sobras, faltas ou até mesmo a inexistência de selante na junta. Também haviam vários pontos com esborcinamento, possivelmente devido às falhas relacionadas à selagem, bem como cortes não retilíneos ou duplos criando pontos frágeis no concreto. As juntas transversais são muito sensíveis ao tráfego e qualquer possível falha durante sua execução pode resultar em patologias, como foi o caso. Na Figura 24 é mostrado um exemplo de falha encontrada nas juntas transversais durante a inspeção visual.

Figura 24 - Exemplo de esborcinamento na junta.



Fonte: O Autor (2019).

Cortes realizados de maneira incorreta (tortos e duplos) também podem contribuir para o surgimento de novas manifestações patológicas. Na Figura 25 é mostrado um exemplo de corte mal realizado.

Figura 25 - Exemplo de corte duplo.



Fonte: O Autor (2019).

Praticamente todas as emendas de concretagens apresentavam algum tipo de defeito. Havendo grande quantidade de falhas nas selagens como acabamentos irregulares, cortes tortos, desníveis entre placas e esborcinamentos das juntas. Aver (2016) relata que estes fatores se devem à utilização de formas de fechamento em madeira com baixa qualidade e o grande tempo de espera do concreto, desde sua mistura até seu lançamento, adensamento e acabamento. Nas Figuras 26 e 27 são apresentados exemplos de falhas encontradas nas emendas de concretagens.

Figura 26 - Exemplo de junta com defeito no selamento.



Fonte: O Autor (2019).

Figura 27 - Emenda de concretagem sem corte e selante.



Fonte: O Autor (2019).

Pontos onde houveram intervenções, tais como bocas de lobo, poços de visita e grelhas, também apresentavam muitas manifestações patológicas em suas imediações. Estes locais se mostraram bastante frágeis e suscetíveis ao surgimento das patologias, sendo os locais com maior intensidade e severidade de falhas notadas durante a inspeção, como fissuras, desníveis, esborcinamentos e assentamentos. Nas Figuras 28 e 29 são exibidos exemplos de falhas encontradas nestes locais.

Figura 28 - Assentamento de placa e surgimento de fissura no canto.



Fonte: O Autor (2019).

Figura 29 - Exemplo de desnível entre placa e grelha.



Fonte: O Autor (2019).

As manifestações supra descritas podem ser justificadas devido à presença de estruturas já existentes, podendo estas já apresentarem um alto grau de deterioração. São locais com características particulares de projeto, execução e solicitação, onde o uso de elementos improvisados e o descumprimento das exigências de projeto são as prováveis causas para as manifestações patológicas encontradas.

O desgaste superficial do pavimento, conforme Figura 30, foi uma das patologias que apresentou maior evolução quando comparado com a análise feita por Aver (2016), principalmente em paradas de ônibus e semáforos, onde há maior atrito das rodas dos ônibus com o pavimento.

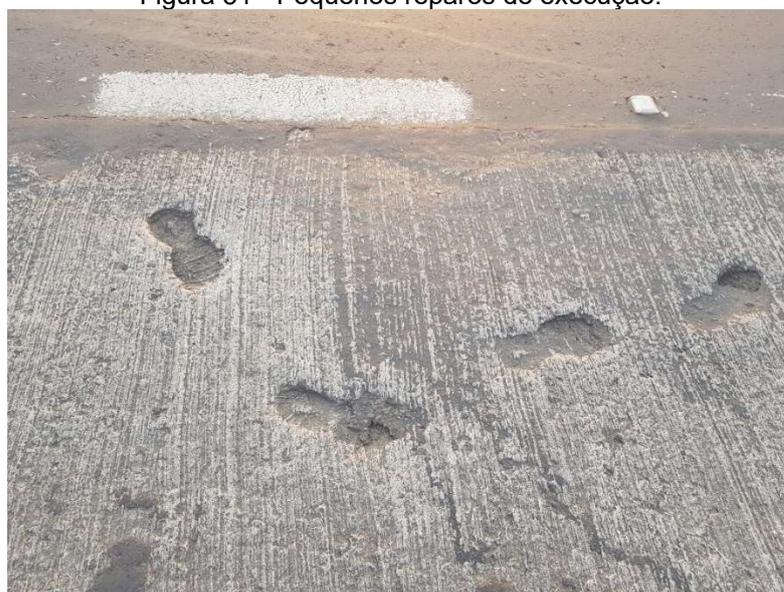
Figura 30 - Placas com desgaste superficial.



Fonte: O Autor (2019).

Pequenos reparos também foram notados (Figura 31), possivelmente por erros de execução provocados por falta de sinalização do trecho durante a concretagem ou atenção dos trabalhadores.

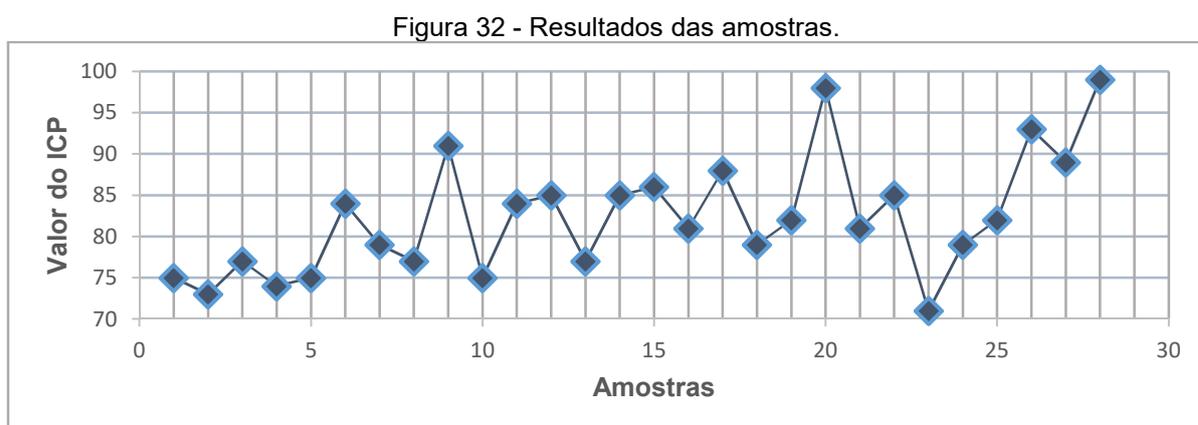
Figura 31 - Pequenos reparos de execução.



Fonte: O Autor (2019).

#### 4.1.2. Cálculo do ICP para cada amostra

Todos os dados recolhidos durante a inspeção do pavimento estão disponíveis no Apêndice A deste trabalho, divididos por suas respectivas amostras e seus resultados. Com base neles, foi possível extrair todos os valores necessários para determinação do ICP, bem como o conceito de avaliação para cada amostra e a média total do trecho. A Figura 32 apresenta todos os resultados obtidos após a análise das amostras.



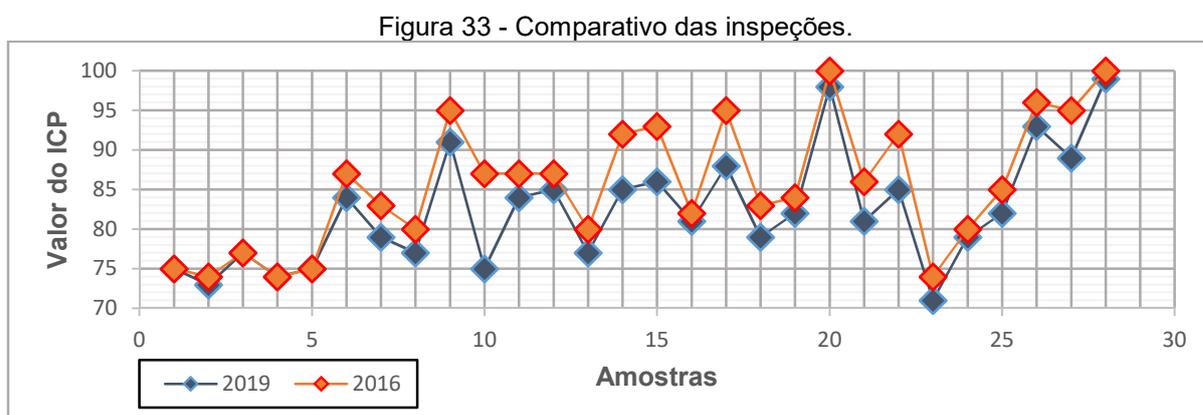
Fonte: O Autor (2019).

Analisando a Figura 32, é possível notar que nenhuma amostra do trecho inspecionado apresentou valor menor que 70, ou seja, nenhuma amostra obteve conceito “Bom” ou inferior, apresentando conceitos “Muito Bom” ou “Excelente”. Também, notou-se que nenhuma amostra apresentou o valor máximo de 100, demonstrando que já há um pequeno desgaste devido ao tempo. Inclusive, na descrição das patologias, foi encontrado elevado desgaste superficial em locais como paradas de ônibus e semáforos, devido ao parar e arrancar dos ônibus nestes trechos.

Conforme descrito no capítulo anterior, para se obter o resultado do ICP total e o conceito geral do trecho inspecionado, foi feito a média aritmética entre todas as amostras avaliadas, pois trata-se de uma inspeção visual objetiva de todo o trecho. Neste caso, o valor de ICP do trecho foi de 82,29, enquadrando-se no conceito de “Muito Bom”, pois está dentro dos limites de 85 a 70.

#### 4.2. ESTADO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO

O estado estrutural do pavimento estudado foi avaliado em duas inspeções realizadas, uma logo após o término da execução e a outra após 3 anos. Na primeira, realizada em 2016 por Aver (2016), o pavimento apresentou ICP (Índice de Condição do Pavimento) igual a 85,64, o que equivale a um estado estrutural qualificado como "Excelente". A segunda inspeção, descrita no presente trabalho, apresentou um ICP igual a 82,29, equivalente a um estado estrutural qualificado como "Muito Bom". Sendo assim, em 3 anos o pavimento sofreu uma deterioração de 3,92% do valor de ICP. O que não é ruim do ponto de vista estrutural, pois o pavimento ainda apresenta um bom estado. A Figura 33 apresenta um comparativo dos resultados das duas inspeções.



Fonte: O Autor (2019).

Os defeitos que mais contribuíram para a degradação do pavimento foram possíveis erros na selagem das juntas e o alto desgaste superficial em determinados pontos. Também, pode-se perceber que houve um agravamento desse tipo de defeito no intervalo entre as duas inspeções. De fato, comparando as duas inspeções realizadas, pode-se observar que alguns defeitos, já existentes na primeira inspeção, agravaram-se e tiveram a sua incidência aumentada. Ao mesmo tempo, defeitos que não foram detectados na primeira inspeção passaram a existir nos anos seguintes.

Após a análise da Figura 33, é possível notar que em geral as amostras apresentaram um padrão na redução da qualidade, ou seja, as duas linhas são bem

semelhantes, porém os resultados de 2019 apresentam menores valores. Também, nenhuma amostra apresentou aumento da qualidade, como já esperado.

Algumas amostras (1, 3, 4 e 5) apresentaram o mesmo valor de ICP, porém estas já apresentavam valores críticos de ICP na análise de 2016. Elas estão localizadas no início no trecho, junto a Rua Bento Gonçalves e em uma região mais central, onde há muito atrito no pavimento devido ao trânsito intenso e maior presença de semáforos, havendo sinais de manchas de óleo na via. Também há um declive mais acentuado nesta região, que somado ao número de semáforos, faz com que o desgaste superficial seja alto, conforme Figura 34.

Figura 34 - Placas com alto desgaste superficial.



Fonte: O Autor (2019).

A amostra 23 apresentou o menor valor de ICP dentre todas, ficando muito próximo ao limite entre os conceitos “Muito Bom” e “Bom”. O motivo para tal desempenho se dá pelos mesmos fatos citados anteriormente, havendo grande solicitação da via neste trecho. É possível que erros de execução também tenham

colaborado para este desempenho, visto que na análise feita por Aver (2016) esta amostra já se mostrava problemática.

As amostras 20 e 28 apresentaram valores de 98 e 99, respectivamente, sendo as melhores avaliadas. A 20 está localizada no entroncamento da rua Pio XII com a Avenida Rubem Bento Alves, enquanto que a 28 está localizada no entroncamento das Ruas Visconde de Pelotas com a Moreira César. Ambas estão em um terreno plano, após um semáforo e antes de uma parada de ônibus, havendo menor desgaste enquanto comparada com as amostras de pior desempenho.

#### 4.3. DETERMINAÇÃO DA CURVA DE DESEMPENHO

Conforme descrito no capítulo de metodologia, em pavimentos cujos defeitos são monitorados por meio de inspeções frequentes a obtenção de uma curva de desempenho correspondente é um procedimento relativamente simples. No caso do trecho analisado, a curva de desempenho resultou de pontos determinados em apenas duas inspeções realizadas. O Quadro 3 mostra o número de ICP em função da idade do pavimento.

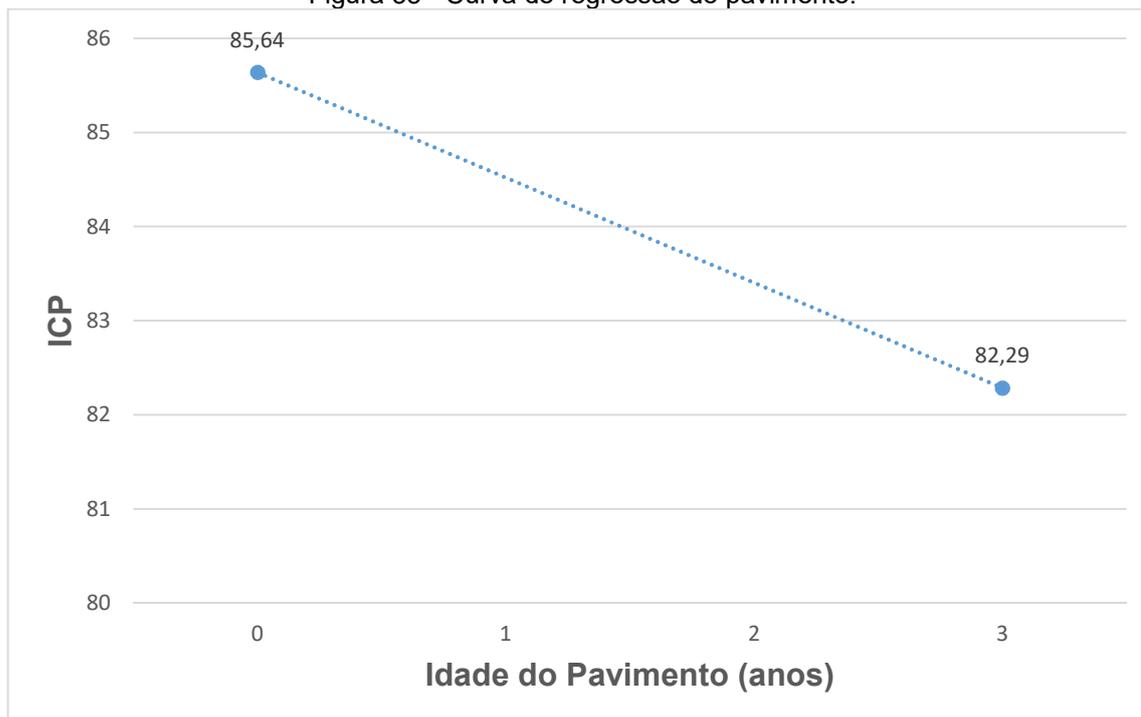
Quadro 3 - ICP do trecho analisado em função da idade.

Idade (anos)	0	3
ICP	85,64	82,29

Fonte: O Autor (2019).

Os demais valores do ICP serão obtidos pela regressão polinomial. Porém, por se tratar de um pavimento relativamente novo, apenas dois levantamentos foram feitos, ou seja, há apenas dois pontos para que se possa traçar o gráfico de regressão polinomial. Dessa forma, devido a insuficiência de mais pontos, o gráfico irá se comportar como uma reta, havendo a necessidade de novas inspeções na via ao decorrer do tempo, pois assim será possível traçar a curva de desempenho futuro (pelo menos 3 pontos). A Figura 35 mostra a plotagem destes pontos.

Figura 35 - Curva de regressão do pavimento.



Fonte: O Autor (2019).

A regressão polinomial dos pontos conhecidos, cuja forma genérica foi apresentada pela Equação 2, pode ser encontrada também por um simples cálculo matemático, apenas substituindo os valores, sendo assim tem-se:

- ICP(0):  $a_0 = 85,64$

- ICP(3):  $a_0 + 3a_1 = 82,29$

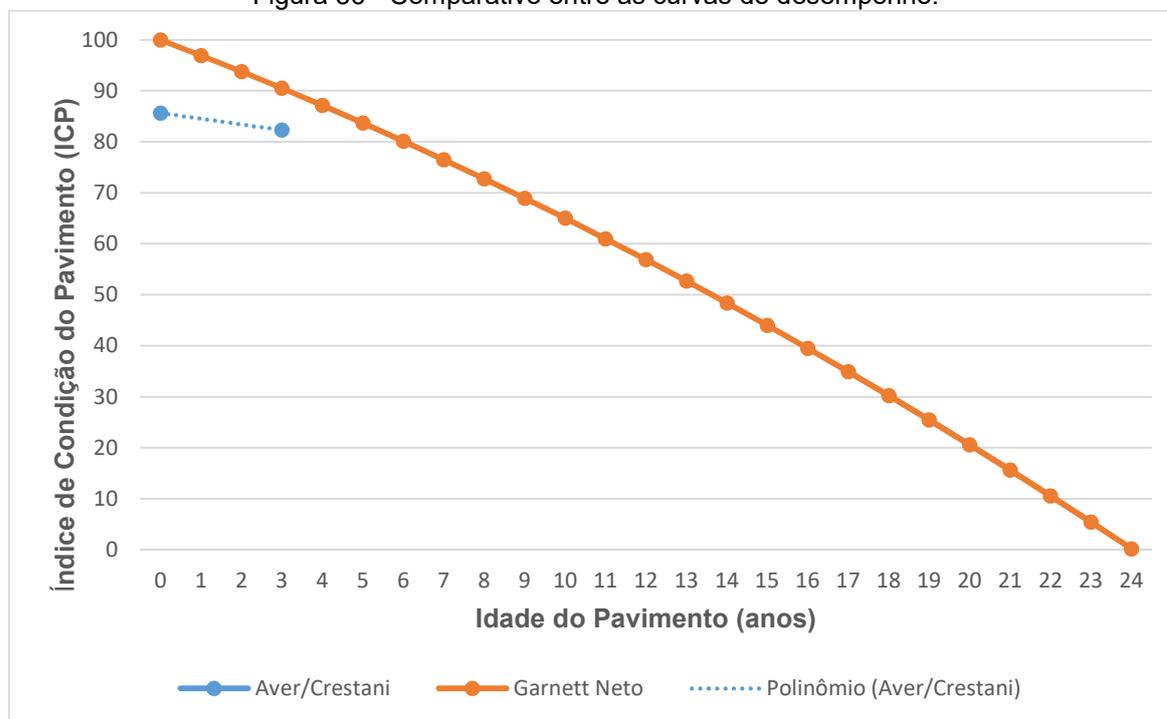
Resolvendo o sistema de equações, encontram-se os valores das constantes  $a_0$  e  $a_1$ :  $a_0 = 85,64$  e  $a_1 = -1,1167$ . Logo, substituindo na Equação 2 os valores obtidos, tem-se a Equação 3, que representa a reta de desempenho do pavimento estudado.

$$ICP = 85,64 - 1,1167(Idade) \quad (3)$$

É possível notar que na Equação 3 não há a presença da variável de segunda potência, diferenciando-a da Equação 2. Isso ocorre devido a inexistência do terceiro ponto, visto que ainda trata-se de uma reta. Dessa forma, só será possível traçar a curva com maior exatidão caso o ICP seja calculado outras vezes e, portanto, determinados mais pontos. Contudo, é possível traçar a reta parcial encontrada para

o pavimento estudado neste trabalho junto com a curva de desempenho descrita por Garnett Neto (2001), possibilitando a comparação entre ambas, conforme Figura 36.

Figura 36 - Comparativo entre as curvas de desempenho.



Fonte: O Autor (2019).

Analisando a Figura 36, é possível avaliar que as inspeções feitas por Garnett Neto (2001) partem do número de ICP igual a 100, considerando que todo o pavimento estava sem nenhum erro de execução ou agentes de intempéries, algo difícil de acontecer. Em contrapartida, a inspeção realizada por Aver (2016) ocorreu logo após a conclusão do referido pavimento e encontrou diversos erros de execução, aos quais acarretaram na diminuição do número do ICP logo no Ano 0, fazendo o ponto inicial da curva ficar mais abaixo.

Também é possível notar menor inclinação na curva descrita neste trabalho em relação ao modelo de Garnett Neto (2001). Porém, é necessário que sejam feitas novas inspeções para ajustar a linha de tendência ao real estado do pavimento estudado e assim fazer uma previsão de quando e aonde serão necessários futuros reparos de manutenção na via.

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como principal objetivo determinar as condições atuais das placas de concreto de cimento Portland que compõem o pavimento rígido do corredor de ônibus nas ruas Moreira César, Pio XII e Avenida Rossetti, em Caxias do Sul – RS. Foram realizadas inspeções em campo e calculado o Índices de Condição do Pavimento para cada amostra do trecho e após calculado o índice para o trecho como um todo. Ainda, os resultados obtidos foram comparados a um estudo anterior para garantir uma análise mais ampla, considerando o desgaste provocado pelo tempo e o aumento do volume de tráfego nos últimos anos.

Por meio das informações levantadas e dos resultados encontrados nesse estudo, é possível afirmar que, apesar de algumas variações, foram obtidos resultados condizentes com as condições apresentadas pelo pavimento. Em relação às patologias observadas, pode-se destacar o desgaste superficial, que foi verificado em todas as placas inspecionadas, e o esborcinamento de juntas, que esteve presente em grande parte das placas e representou grande influência no valor do ICP. Ainda, as falhas em juntas foram observadas em muitas amostras durante o levantamento realizado, tendo uma evolução considerável em relação à avaliação feita no ano de 2016.

O resultado da avaliação proposta como tema do trabalho conceituou o pavimento rígido como “Muito Bom”, ou seja, mesmo não atingindo o valor calculado em 2016 (85,64), de acordo DNIT (2004), apresentou um conceito elevado (com 82,29 de ICP, ficando muito próximo entre o limite dos conceitos “Excelente” e “Muito Bom”). Desta forma, foi possível responder a uma das questões do trabalho, comprovando que apesar de passados 3 anos de tráfego intenso sobre a pavimentação, houve pouca redução da qualidade.

A comparação do ICP calculado com o valor obtido no estudo realizado anteriormente (AVER, 2016) resultou em uma reta descendente, conforme esperado, pois tem-se apenas 2 pontos, sendo necessário pelo menos mais uma inspeção para que seja possível traçar uma curva conforme é indicado pela bibliografia, com 3 pontos. Também, nota-se que todas as amostras apresentaram conceitos “Muito

Bom” ou “Excelente”, logo, o pavimento está em boas condições por toda sua extensão.

A condição atual do pavimento deve-se, principalmente, ao desgaste natural ocasionado por sua utilização ao longo do tempo e aos defeitos nas placas provenientes de má execução, conforme verificado no histórico de inspeções anteriores, os quais são em grande parte agravados pela ausência de manutenção no local. Porém, apesar de tais fatores aliados ao crescimento do tráfego, o pavimento apresenta um bom estado de conservação, garantindo assim as condições de trafegabilidade do corredor de ônibus.

Dessa forma, percebe-se a necessidade de manutenção e reparos na via, principalmente em relação às juntas de algumas placas, onde sugere-se a substituição e aplicação de novas selagens e restauro dos esborcinamentos existentes utilizando argamassas poliméricas, assegurando a impermeabilidade do pavimento. Outra medida significativa citada como sugestão é a restauração da camada superficial de concreto com a aplicação de microrrevestimentos à base de cimento, por exemplo, eliminando o desgaste existente. Assim, garante-se que o pavimento mantenha boas características de conforto e segurança ao longo do tempo, permitindo sua utilização pelo tráfego local e evitando que a evolução dos defeitos possa comprometer sua condição.

Contudo, recomenda-se que novas avaliações sejam executadas anualmente no corredor de ônibus, permitindo o monitoramento da evolução das condições do pavimento e ajustando a curva de desempenho para a situação real do mesmo. Logo, é possível projetar onde e quando serviços de reparos devem ser feitos, assim como quanto tempo irá demorar para que o pavimento necessite de uma grande reforma. Dessa maneira, torna-se possível a comprovação da durabilidade e resistência do pavimento rígido, demonstrando que este representa a opção mais adequada para um via submetida a tráfego intenso de veículos pesados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Corredores de ônibus – Por que pavimento de concreto?** [Internet] Disponível em <http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/banco-de-pautas/corredores-de-onibus-por-que-pavimento-de-concreto>. Acesso em 15/06/2019.
- AASHTO-M155-63: American Association of State Highway and Transportation Officials. **Guide for Design of Pavement Structures**. Washington: 1986.
- ARAÚJO, Marcelo Almeida; et. al. **Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto)**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento. Ano 01, Edição 11, Vol. 10, pp. 187-196, Novembro de 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7211. **Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 9781. **Peças de concreto para pavimentação**. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7182: **Solo: Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 1986.
- AVER, Matheus. **Análise do índice de condição da pavimentação rígida de uma via urbana**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2016.
- BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de Concreto**. 1ª Reimpressão. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica – formação básica para engenheiros**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Imprinta, 2010.
- CERVO, Tatiana Cureau. **Estudo da resistência à fadiga de concretos de cimento Portland para pavimentação**. (Tese Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2004.
- DA SILVA, José Eudes Marinho; CARNEIRO, Luiz Antonio Vieira. **Pavimentos de concreto: histórico, tipos e modelos de fadiga**. Rio de Janeiro: Seção de Engenharia de Fortificação e Construção, Instituto Militar de Engenharia, 2014.
- DER, Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná. **A evolução do pavimento de concreto no Brasil**. 16º Encontro Técnico DER/PR.
- DNIT. **Manual de pavimentação**. 3ª ed. Rio de Janeiro: 2006.
- DNIT. **Manual de pavimentos rígidos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: 2005.

- DNIT-ME 037. **Água para amassamento do concreto de cimento Portland – Ensaios comparativos – Método de ensaio.** Rio de Janeiro: 2004.
- DNIT-EM 046. **Selante de juntas - Especificação de material.** Rio de Janeiro, 2004.
- DNIT-ES 047. **Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: 2004.
- DNIT-ES 048. **Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-trilho – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2004.
- DNIT-ES 049. **Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrmas deslizantes – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2013.
- DNIT-EM 050. **Cimento Portland - Especificação de material.** Rio de Janeiro, 2004.
- DNIT-PRO 054. **Estudos de traços de concreto e ensaios de caracterização de materiais – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2004.
- DNIT-PRO 060. **Inspeção visual - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2004.
- DNIT-TER 061. **Pavimento rígido – Defeitos – Terminologia.** Rio de Janeiro, 2004.
- DNIT-PRO 062. **Avaliação objetiva – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2004.
- GARNETT NETO, Gustavo. **Estudo técnico e econômico da manutenção de um pavimento de concreto.** (Dissertação Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisas. 5. ed.** São Paulo: Atlas, 2010.
- GOMES DA SILVA, Oziel. **Acompanhamento de recuperação estrutural de pavimento urbano de concreto e análise dos materiais empregados.** (Dissertação Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco: Recife, 2009.
- JÚNIOR, Fernando Augusto. **Manual de Pavimentação Urbana.** São Paulo: Instituto de Pesquisas e Tecnologias (IPT), 1992.
- LINDAU, Luis Antonio et al. **BRT e Corredores Prioritários para Ônibus: panorama no continente americano.** In: XXVII ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. 2013.
- MESQUITA, José Carlos Lobato. **Pavimento Rígido como a alternativa econômica para pavimentação rodoviária.** (Tese Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.
- OLIVEIRA, Elisandra Miranda. **Transferência dos Esforços Cisalhantes em Juntas de Pavimentos Rígidos.** (Dissertação Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Mobilidade urbana no Brasil**. [Internet] Disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/mobilidade-urbana-no-brasil.htm>. Acesso em 14/06/2019.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Problemas no transporte público**. [Internet] Disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/problemas-no-transporte-publico.htm>. Acesso em 14/06/2019.

PITTA, Márcio Rocha. **Construção de pavimentos de concreto simples**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998.

RESENDE, Paulo. Por que o Brasil depende tanto do transporte rodoviário? **G1**, 24 de maio de 2018. Disponível em <https://g1.globo.com/economia/noticia/por-que-o-brasil-depender-tanto-do-transporte-rodoviario.ghtml>. Acesso em 05/05/2019.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnicas de pavimentação**. V 2. São Paulo: Pini, 2001.

SILVA, Eric Ribeiro da. **Análise do comportamento estrutural e funcional de um pavimento experimental com blocos pré-moldados de concreto**. (Dissertação Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2016.

VIEIRA FILHO, José Orlando. **Projeto de Pavimentos Rígidos e Semi-Rígidos. Curso de especialização em Projeto de Infra-Estruturas Viárias em Meio Urbano**. Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2004.

## APÊNDICE A – DADOS COLETADOS PARA O CÁLCULO DO ICP

AMOSTRA 01				
Defeitos	Severidade	Número Placas	%	Valor Deduzível
1	b	1	5	4
5	b	2	10	2
5	m	3	15	4
5	a	3	15	8
10	-	14	70	9
14	b	1	5	1
17	b	3	15	3
Total				31
q				2
Corrigido				25
<b>ICP</b>				<b>75</b>

AMOSTRA 02				
Defeitos	Severidade	Número Placas	%	Valor Deduzível
4	m	1	5	5
4	a	1	5	9
5	b	3	15	2
5	m	2	10	4
5	a	2	10	8
6	b	1	5	0
7	b	1	5	3
9	b	1	5	0
10	-	14	70	9
17	b	2	10	2
Total				42
q				3
Corrigido				27
<b>ICP</b>				<b>73</b>

<b>AMOSTRA 03</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
5	b	3	15	2
5	m	1	5	4
5	a	1	5	8
9	b	1	5	0
10	-	14	70	9
17	b	1	5	1
17	m	3	15	5
<b>Total</b>				<b>29</b>
<b>q</b>				<b>2</b>
<b>Corrigido</b>				<b>23</b>
<b>ICP</b>				<b>77</b>

<b>AMOSTRA 04</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	a	1	5	9
5	b	4	20	2
5	m	3	15	4
5	a	2	10	8
6	a	1	5	5
9	b	1	5	0
10	-	10	50	7
11	-	2	10	6
16	b	1	5	1
17	m	2	10	4
19	a	1	5	0
<b>Total</b>				<b>46</b>
<b>q</b>				<b>4</b>
<b>Corrigido</b>				<b>26</b>
<b>ICP</b>				<b>74</b>

<b>AMOSTRA 05</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	b	2	10	3
5	b	3	15	2
5	m	2	10	4
5	a	2	10	8
7	b	2	10	5
9	b	3	15	0
10	-	7	35	7
15	-	1	5	0
17	b	2	10	2
<b>Total</b>				<b>31</b>
<b>q</b>				<b>2</b>
<b>Corrigido</b>				<b>25</b>
<b>ICP</b>				<b>75</b>

<b>AMOSTRA 06</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	b	1	5	2
5	b	2	10	2
5	a	3	15	8
6	b	1	5	0
9	b	1	5	0
10	-	8	40	7
11	-	2	10	6
17	b	1	5	1
<b>Total</b>				<b>26</b>
<b>q</b>				<b>3</b>
<b>Corrigido</b>				<b>16</b>
<b>ICP</b>				<b>84</b>

<b>AMOSTRA 07</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
5	b	2	10	3
5	a	1	5	8
6	b	1	5	0
9	b	1	5	0
10	-	5	25	5
11	-	2	10	6
17	m	2	10	4
Total				26
q				2
Corrigido				21
<b>ICP</b>				<b>79</b>

<b>AMOSTRA 08</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	b	1	5	2
5	b	3	15	2
5	m	1	5	4
5	a	1	5	8
8	b	1	5	2
10	-	2	10	2
11	-	2	10	6
17	m	1	5	2
Total				28
q				2
Corrigido				23
<b>ICP</b>				<b>77</b>

<b>AMOSTRA 09</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	b	2	10	3
5	b	2	10	2
10	-	2	10	2
17	m	1	5	2
Total				9
q				0
Corrigido				9
<b>ICP</b>				<b>91</b>

<b>AMOSTRA 10</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	b	1	5	2
5	b	2	10	2
5	a	1	5	8
10	-	3	15	3
17	m	2	10	4
17	a	1	5	5
Total				24
q				1
Corrigido				25
<b>ICP</b>				<b>75</b>

<b>AMOSTRA 11</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	b	1	5	2
5	m	1	5	4
8	m	1	5	3
10	-	5	25	5
17	m	1	5	2
Total				16
q				0
Corrigido				16
<b>ICP</b>				<b>84</b>

<b>AMOSTRA 12</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	b	1	5	2
5	b	3	15	2
5	m	1	5	4
6	b	1	5	0
8	b	1	5	2
9	b	2	10	0
10	-	5	25	5
Total				15
q				0
Corrigido				15
<b>ICP</b>				<b>85</b>

<b>AMOSTRA 13</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
5	m	1	5	4
5	a	1	5	8
10	-	8	40	12
11	b	2	10	6
17	m	3	15	5
Total				35
q				3
Corrigido				23
<b>ICP</b>				<b>77</b>

<b>AMOSTRA 14</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	b	1	5	2
5	m	4	20	4
6	b	3	15	1
10	-	4	20	4
17	b	3	15	4
Total				15
q				0
Corrigido				15
<b>ICP</b>				<b>85</b>

<b>AMOSTRA 15</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
5	m	3	15	4
6	b	1	5	0
9	b	2	10	0
10	-	8	40	7
11	-	2	10	6
17	m	1	5	2
Total				19
q				2
Corrigido				14
<b>ICP</b>				<b>86</b>

AMOSTRA 16				
Defeitos	Severidade	Número Placas	%	Valor Deduzível
5	b	2	10	2
5	a	2	10	8
6	b	2	10	1
10	-	5	25	7
17	b	2	10	1
17	a	1	5	5
Total				24
q				2
Corrigido				19
<b>ICP</b>				<b>81</b>

AMOSTRA 17				
Defeitos	Severidade	Número Placas	%	Valor Deduzível
4	b	1	5	2
5	b	4	20	2
8	b	2	10	3
10	-	2	10	2
17	b	2	10	2
Total				11
q				1
Corrigido				12
<b>ICP</b>				<b>88</b>

AMOSTRA 18				
Defeitos	Severidade	Número Placas	%	Valor Deduzível
5	a	1	5	8
10	-	4	20	4
16	b	1	5	1
17	b	2	10	3
17	m	2	10	4
Total				20
q				1
Corrigido				21
<b>ICP</b>				<b>79</b>

<b>AMOSTRA 19</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	m	1	5	5
10	-	3	15	3
17	b	1	5	1
17	m	1	5	2
17	a	1	5	5
18	b	1	5	2
			Total	18
			q	0
			Corrigido	18
			<b>ICP</b>	<b>82</b>

<b>AMOSTRA 20</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
10	-	2	10	2
			Total	2
			q	0
			Corrigido	2
			<b>ICP</b>	<b>98</b>

<b>AMOSTRA 21</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	b	1	5	2
5	b	2	10	2
5	a	1	5	8
9	b	1	5	0
10	-	14	70	9
17	b	1	5	1
17	m	1	5	2
			Total	24
			q	2
			Corrigido	19
			<b>ICP</b>	<b>81</b>

<b>AMOSTRA 22</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	b	1	5	2
5	m	5	25	5
9	b	1	5	0
9	m	3	15	4
10	-	4	20	4
Total				15
q				0
Corrigido				15
<b>ICP</b>				<b>85</b>

<b>AMOSTRA 23</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	b	1	5	2
5	m	1	5	4
5	a	2	10	8
7	b	2	10	5
8	b	2	10	3
9	b	2	10	0
10	-	5	25	5
17	b	1	5	1
Total				28
q				1
Corrigido				29
<b>ICP</b>				<b>71</b>

<b>AMOSTRA 24</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
4	b	1	5	2
5	b	1	5	2
5	m	1	5	4
5	a	1	5	8
9	b	1	5	0
10	-	10	50	8
17	b	2	10	3
Total				27
q				2
Corrigido				21
<b>ICP</b>				<b>79</b>

<b>AMOSTRA 25</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
5	b	1	5	2
5	a	1	5	8
10	-	5	25	5
17	b	1	5	2
Total				17
q				1
Corrigido				18
<b>ICP</b>				<b>82</b>

<b>AMOSTRA26</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
10	-	7	35	6
Total				6
q				1
Corrigido				7
<b>ICP</b>				<b>93</b>

<b>AMOSTRA 27</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
5	m	1	5	4
9	b	2	10	0
10	-	5	25	5
17	b	1	5	2
Total				11
q				0
Corrigido				11
<b>ICP</b>				<b>89</b>

<b>AMOSTRA 28</b>				
<b>Defeitos</b>	<b>Severidade</b>	<b>Número Placas</b>	<b>%</b>	<b>Valor Deduzível</b>
10	-	1	5	1
Total				1
q				0
Corrigido				1
<b>ICP</b>				<b>99</b>

<b>Amostra</b>	<b>ICP</b>	<b>Conceito</b>
1	75	Muito Bom
2	73	Muito Bom
3	77	Muito Bom
4	74	Muito Bom
5	75	Muito Bom
6	84	Excelente
7	79	Muito Bom
8	77	Muito Bom
9	91	Excelente
10	75	Muito Bom
11	84	Muito Bom
12	85	Muito Bom
13	77	Muito Bom
14	85	Excelente
15	86	Excelente
16	81	Muito Bom
17	88	Excelente
18	79	Muito Bom
19	82	Muito Bom
20	98	Excelente
21	81	Muito Bom
22	85	Excelente
23	71	Muito Bom
24	79	Muito Bom
25	82	Muito Bom
26	93	Excelente
27	89	Excelente
28	99	Excelente
<b>Média Geral</b>	<b>82,29</b>	<b>Muito Bom</b>

## APÊNDICE B – COMPARATIVO ENTRE AS AMOSTRAS

2019			ICP 2016	%
Amostra	ICP	Conceito		
1	75	Muito Bom	75	0,00
2	73	Muito Bom	74	1,35
3	77	Muito Bom	77	0,00
4	74	Muito Bom	74	0,00
5	75	Muito Bom	75	0,00
6	84	Excelente	87	3,45
7	79	Muito Bom	83	4,82
8	77	Muito Bom	80	3,75
9	91	Excelente	95	4,21
10	75	Muito Bom	87	13,79
11	84	Muito Bom	87	3,45
12	85	Muito Bom	87	2,30
13	77	Muito Bom	80	3,75
14	85	Excelente	92	7,61
15	86	Excelente	93	7,53
16	81	Muito Bom	82	1,22
17	88	Excelente	95	7,37
18	79	Muito Bom	83	4,82
19	82	Muito Bom	84	2,38
20	98	Excelente	100	2,00
21	81	Muito Bom	86	5,81
22	85	Excelente	92	7,61
23	71	Muito Bom	74	4,05
24	79	Muito Bom	80	1,25
25	82	Muito Bom	85	3,53
26	93	Excelente	96	3,13
27	89	Excelente	95	6,32
28	99	Excelente	100	1,00
<b>Média Geral</b>	<b>82,29</b>	<b>Muito Bom</b>	<b>85,64</b>	<b>3,92</b>



## ANEXO B – CARACTERIZAÇÃO DA EXECUÇÃO

(continua)

MACRO SERVIÇO	SERVIÇO	ATUAL EXECUÇÃO
PROJETO	PROJETO	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Levantamento topográfico do trecho;</li> <li>→ Levantamento do volume de tráfego;</li> <li>→ Determinação do Nível de serviço;</li> <li>→ Dimensionamento do pavimento (método PCA 1984) de concreto simples com barras de transferência;</li> <li>→ Orçamento para a extensão total da obra.</li> </ul>
INSTALAÇÃO DA OBRA	CANTEIRO DE OBRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Anexado instalações provisórias (sanitários, refeitório, almoxarifado);</li> <li>→ Adquirido transporte e ferramentas para operários;</li> <li>→ Presença de engenheiro e encarregados da terraplanagem, concretagem e pavimentação.</li> </ul>
	SINALIZAÇÃO DA OBRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Sinalização para pedestres e motoristas com fitas, placas de sinalização, cones, placas refletivas;</li> <li>→ Instalação de placas informativas;</li> <li>→ Limpeza do canteiro de obras para livre fluxo de veículos e pessoas.</li> </ul>
	DEMARCAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Demarcação dos limites da obra com fitas, placas, cones e pinturas referentes aos cortes para remoção.</li> </ul>
TERRAPLANAGEM	REMOÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Corte do asfalto seguindo a geometria determinada em projeto;</li> <li>→ Remoção da pavimentação existente – separação dos materiais para devida destinação;</li> <li>→ Constante cuidado para não danificar instalações subterrâneas existentes, mapeamento das mesmas;</li> <li>→ Explosão de solos rochosos quando necessário;</li> <li>→ Realização do “teste de toco” para análise empírica do suporte oferecido pelo subleito;</li> <li>→ Quando necessário foi feito a substituição de materiais instáveis e reconstituição com material designado para reforço.</li> </ul>

SERVIÇOS COMPLEMENTARES	INSTALAÇÕES SUBTERRÂNEAS	→ Identificação e mapeamento das instalações subterrâneas encontradas;
		→ Reconstituição das instalações subterrâneas danificadas; → Construção das reservas técnicas.
	DRENAGEM	→ Reconstituição de todos os dispositivos de drenagem que apresentarem precárias condições e pouca eficiência para atual demanda; → Fechamento das valas dos dispositivos de drenagem com material designado.
PAVIMENTAÇÃO RÍGIDA	ANTI-INTRUSIVA	→ Execução de camada anti-intrusiva, com 3cm de espessura, de brita 01 ou 02 conforme projeto. Objetivo: evitar a contaminação da base com os finos proveniente do subleito; → Por vezes a camada anti-intrusiva foi feita com a própria base; → Compactado e travado através do uso de rolo liso vibratório.
	BASE	→ Execução da camada de base (faixa Classe A DAER) logo após compactação da camada anti-intrusiva; → Material basculado e distribuída com patola e pás com espessura de 15cm; → Feito ensaio de densidade com cone de areia com tolerância máxima de erro na compactação de 2% cada 100m (eixo-borda-eixo); → Coletada amostra para granulometria; → Quando necessário foi umidificada ou escarificada para regulagem da umidade, em seguida, compactada novamente e feito o ensaio; → Utilizado rolo liso vibratório e placa vibratória para compactação da camada.
	CCR	→ Execução da camada de CCR ( $f_{ctm}=1,5\text{Mpa}$ e mínimo de cimento de $120\text{Kg/m}^3$ ) liberada logo após análise dos resultados de compactação e granulometria; → O material foi basculado na pista sobre a base e espalhado com patola e pás para regularização da camada com 10cm de espessura;

PAVIMENTAÇÃO RÍGIDA	CCR	<p>→ Compactação com rolo liso vibratório e placa vibratória, com o cuidado para não segregar o material;</p> <p>→ Foi realizado o ensaio de densidade com cone de areia e retirada amostras para os ensaios de granulometria e rompimento;</p> <p>→ A tolerância máxima para o ensaio de densidade foi de aproximadamente 2%. No mesmo ensaio foi verificada a espessura da camada;</p> <p>→ Caso o ensaio for reprovado o material deve ser substituído;</p> <p>→ Do início da mistura do material até a compactação em pista, o tempo não pode ultrapassar 2h, caso contrário, a camada deve ser refeita.</p>
	PINTURA LIGANTE E LONA	<p>→ A pintura com emulsão betuminosa RR-1C foi liberada logo após a análise dos resultados dos ensaios de compactação, granulometria, rompimento dos CP de CCR e verificação de sua espessura;</p> <p>→ Após secagem da pintura foi distribuída a lona sobre a área a ser pavimentada;</p> <p>→ A pintura e a lona trabalham em conjunto auxiliando na cura CCR, na impermeabilização e no isolamento entre a sub-base e o revestimento.</p>
	INSTALAÇÃO DAS FORMAS	<p>→ A instalação das formas foi iniciada logo após a distribuição das lonas;</p> <p>→ As formas metálicas (com 3m de comprimento e 22cm de altura) são instaladas a 3,55m de distância do meio-fio, retílineas, alinhadas sem obstruções alterando sua altura;</p> <p>→ Nas curvas são utilizadas formas de madeira curvadas, firmemente instaladas e sem pontas;</p> <p>→ Onde fosse necessário, as formas deviam conter furos para passagem das barras, estes furos devem ser feitos a cada 30cm uns dos outros e a 11cm do chão;</p> <p>→ As formas foram untadas com diesel;</p> <p>→ O meio fio deve estar alinhado, com pelo menos 32cm de altura do solo e 25cm de altura em acessos para carros;</p> <p>→ As guias auxiliares devem ser instaladas firmemente, em bom estado, alinhadas e com altura adequada.</p>

PAVIMENTAÇÃO RÍGIDA	BARRAS DE TRANSFERENCIA	<p>→ As barras de transferência foram dispostas paralelas à superfície e ao eixo da pista, em conjuntos a cada 5 metros e são armadas a uma distância de 30cm uma das outras e à 11cm do solo;</p> <p>→ As barras de transferência possuem 50cm de comprimento e 32mm de diâmetro de aço CA25;</p> <p>→ As barras foram inteiramente pintadas com tinta anticorrosiva. Metade da barra mais 2cm (somando 27cm) devem ser engraxados para permitir a livre movimentação da junta. Nesta direção a barra não pode ser engastada na estrutura de suporte, apenas apoiada com um sentido livre para movimentação.</p> <p>→ As barras prontas para a concretagem foram colocadas na pista apenas no momento de lançamento do concreto;</p> <p>→ As marcações de juntas entre as placas foram no mesmo local de implantação das barras e devem ser feitas com antecedência para o estudo de possíveis intervenções no trecho como bocas de lobo, grelhas e PV;</p> <p>→ As marcações deviam ser perfeitamente alinhadas transversalmente à pista e bem visíveis.</p>
	INTERVENÇÕES	<p>→ Nos locais onde houver algum tipo de intervenção como, poços de visita, grelhas, bocas de lobo ou instalações subterrâneas aparentes, devia-se fazer um estudo da possível instalação de formas, malhas de aço e alterações nos conjuntos de barras de transferência;</p> <p>→ Caso houvesse necessidade do uso de telas de aço, estas deviam ser posicionadas com pelo menos 5cm de cobertura e no máximo até meia altura da espessura da placa.</p>
	PREPARAÇÃO PARA CONCRETAGEM	<p>→ Antes da concretagem das placas de pavimentação foi necessária a conferência de alguns processos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpeza do CCR e da lona em todo o trecho a ser concretado;</li> <li>• Meio-fio alinhado e nas alturas corretas;</li> <li>• Formas alinhadas e a 3,55m do meio-fio;</li> <li>• Furos para barras nas formas metálicas e nas formas de madeira prontos;</li> </ul>

PAVIMENTAÇÃO RÍGIDA	PREPARAÇÃO PARA CONCRETAGEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guias em bom estado, alinhadas e à 22cm do solo;</li> <li>• Entrada livre de obstáculos para caminhões betoneira;</li> <li>• Forma de fechamento pronta;</li> <li>• Isopor (1cm de espessura) colocado rente ao meio-fio;</li> <li>• Barras de transferência prontas e engraxadas;</li> <li>• Pintura do corte das juntas prontas e alinhadas;</li> <li>• Equipamentos testados;</li> <li>• Modificações em interrupções prontas.</li> </ul>
	CONCRETAGEM	<p>→ Após checagem de todos os pontos da preparação foi autorizado o início da concretagem;</p> <p>→ A nota fiscal e todos os seus dados (hora de saída, hora de chegada, resistência, composição e volume) foram conferidos;</p> <p>→ Para a concretagem foi utilizado concreto usinado CII-F com fibras de polipropileno (4kg/m<sup>3</sup> de concreto) e aditivo plastificante-reductor conforme norma NBR 11768 (1992), possuindo 380kg/m<sup>3</sup> de cimento e relação A/C = 0,537. O concreto deve atingir fctmk de 4,5Mpa aos 28 dias.</p> <p>→ Após 5 minutos de mistura do concreto no balão do caminhão, foi retirada uma amostra para análise do slump. Caso não bata com a tolerância aceita foi feito o ajuste do slump ou devolvida a carga para a concreteira;</p> <p>→ O slump deve ser feito conforme as exigências da norma ABNT NBR NM 67:1998;</p> <p>→ Após a verificação e aprovação do resultado do slump foi liberado o lançamento do concreto. O lançamento foi feito diretamente do caminhão tomando cuidado para não faltar nem sobrar exageradamente concreto sobre a pista;</p> <p>→ Ao mesmo tempo em que o concreto foi lançado por 2 homens, outros 2 homens ajudavam espalhando regularmente, mais 2 homens operavam a régua vibratória, 1 homem operava o vibrador, outro aguardava para fazer o acabamento e mais 1 para iniciar o processo de cura. O motorista controlava a velocidade do caminhão e 1 homem fazia a sinalização do local;</p>

PAVIMENTAÇÃO RÍGIDA	CONCRETAGEM	<p>→ A vibração do concreto não podia ser exagerada para não segrega-lo, mas também não podia ser deficiente para não surgir bicheiras e vazios no concreto;</p> <p>→ A régua devia manter velocidade constante e a régua do concreto não pode deixar falhar nem sobras para manter um adequado acabamento da pista. Ao mesmo tempo foi feito o acabamento das bordas;</p> <p>→ Foi iniciado as ranhuras da texturização logo após a perda do brilho superficial do pavimento acabado;</p> <p>→ Depois de finalizado as ranhuras podia ser iniciada a cura, primeiramente com o espalhamento de uma película uniforme de um composto químico à base de PVA ou polipropileno sobre o concreto, com uma taxa de aplicação aproximada de 0,35 l/m<sup>2</sup> à 0,5 l/m<sup>2</sup>, dependendo da condição climática.</p> <p>→ Ao mesmo que ocorre a concretagem foi muito importante que uma pessoa faça a sinalização completa da obra tanto para os pedestres quanto para os veículos e até mesmo para os operários da obra;</p> <p>→ Antes da finalização de cada carga de concreto foram retiradas amostras tanto pela concreteira quanto pela empreiteira para realização de ensaio de rompimento dos corpos de prova referenciados a cada trecho de pista concretada;</p> <p>→ A finalização da concretagem foi feita com uma forma de fechamento pronta com os devidos furos para as barras de transição.</p>
	JUNTAS	<p>→ Após uma considerável pega do concreto, ao ponto de poder caminhar e manusear equipamentos sobre o mesmo sem danificá-lo (normalmente entre 6 à 12 horas depois) foi autorizado o início da execução das juntas de dilatação das placas;</p> <p>→ As juntas foram executadas em 2 cortes, o primeiro com 3mm de largura e profundidade de pelo menos 1/4 da espessura da placa, ou seja, 5,5cm. O segundo corte seria feito sobre o primeiro com largura de 6mm e profundidade máxima de 1,2cm, para a conformação do selante. O segundo corte poderia ser iniciado após pelo menos 1 semana de cura da placa;</p>

PAVIMENTAÇÃO RÍGIDA	JUNTAS	<p>→ Após limpeza das juntas com vassoura e soprador o selante foi aplicado, conforme a norma do DNIT 046/2004, um cordão de polietileno expandido de célula fechada, com 8mm de diâmetro e coberto com selante monocomponente auto nivelante à base de poliuretano específico para pavimento rígido com cuidado de preencher até 2mm da borda superior.</p> <p>→ O trânsito sobre as juntas seladas só poderia ser liberado com a secagem total do selante;</p>
	CURA	<p>→ O processo de cura iniciava-se ainda durante a concretagem quando foi lançada a cura química sobre o concreto recém-acabado. A cura química criava uma película plástica (atendendo normas ASTM C309-11) à base de PVA ou polipropileno, de pigmentação branca, com uma taxa de aplicação de 0,35l/m<sup>2</sup> à 0,5l/m<sup>2</sup> sobre o concreto;</p> <p>→ Após os cortes das juntas de dilatação do concreto podia ser lançado sobre o concreto o bidim, cobrindo-o por inteiro, e em seguida umedecido constantemente por pelo menos 7 dias.</p>
	DESFORMA	<p>→ A desforma do concreto foi feita entre 12 e 24 horas após a concretagem. Com um especial cuidado para não danificar as bordas e nem as barras de transferência.</p>
	CONCLUSÃO	<p>→ Após a desforma das placas de concreto foi realizado o preenchimento da sarjeta, longitudinalmente à placa. O preenchimento podia ser feito com base granular (compactada) ou concreto usinado, 15MPa, vibrado, empenado conforme solicitação em projeto;</p> <p>→ 28 dias após a concretagem do corredor de ônibus o concreto se encontrava livre para trânsito de veículos sobre o mesmo.</p>
PAVIMENTAÇÃO FLEXÍVEL	FRESAGEM	<p>→ Os pontos do asfalto existente que apresentarem fissuras superficiais foram fresados (5cm de profundidade), limpos, pintados com emulsão betuminosa RR-1C e preenchidos com uma nova camada de CBUQ.</p>

PAVIMENTAÇÃO FLEXIVEL	REMOÇÃO	<p>→ Os locais onde apresentarem deficiência estrutural significativa, como deformação plástica das camadas, afundamentos locais ou nas trilhas de rodas e ondulações, foi realizado a substituição das camadas com deficiência (subleito, base e revestimento);</p> <p>→ Quando houvesse substituição da base, a mesma deveria ser imprimada com material betuminoso ADP CM-30 antes da camada de revestimento.</p>
	PINTURA	<p>→ Depois de finalizado as fresagens, remoções e preenchimento foi iniciado o recapeamento completo da via;</p> <p>→ Iniciava-se com a pintura de ligação (emulsão RR-1C) da área a ser recapeada sobre a camada de asfalto limpa e sem tráfego.</p>
	RECAPEAMENTO	<p>→ O lançamento de CBUQ para a execução da camada final de revestimento foi iniciado assim que a pintura for feita;</p> <p>→ O CBUQ utilizado deveria ser à base de material betuminoso (CAP-20) com faixa de composição do DAER B (DAER-ES-P19/91). Durante o lançamento foi importante o cuidado com a temperatura do asfalto, que não podia ficar abaixo dos 160°C e ser rapidamente compactado com rolo de pneus e rolo liso vibratório com espessura final da camada de 4cm;</p> <p>→ O trânsito foi liberado pouco tempo após o termino da compactação da camada de revestimento;</p> <p>→ Após a secagem do CBUQ foi realizado o ensaio de densidade e granulometria do asfalto com a extração de um corpo de prova da camada executada.</p>
CONCLUSÃO	SERVIÇOS COMPLEMENTARES	<p>→ Para entrega do trecho de obra, todas as pendências deveriam ser finalizadas, como calçadas, meio-fio, serviços subterrâneos, canteiros, grelhas, bocas de lobo, sinalização, poços de visita e limpeza geral da obra.</p>