



**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PAVIMENTO DE CONCRETO
DE UM TRECHO DA ESTRADA DE ACESSO A FÁBRICA
ITAMBÉ**

CURITIBA
2014



ANDRÉ GUSTAVO POZZO
PATRICIA PIMENTEL PARANHOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PAVIMENTO DE CONCRETO
DE UM TRECHO DA ESTRADA DE ACESSO A FÁBRICA
ITAMBÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Patologia das Obras Cíveis, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Cíveis.

Orientador: Professor Marcelo Araújo Brandão
Co-orientador: Professor Kirke Andrew Wrubel Moreira

CURITIBA
2014

AGRADECIMENTOS

Ao professor engenheiro civil Kirke Andrew Wrubel Moreira pela valiosa colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores da banca e aos colegas de turma pelo tempo dedicado e pela atenção.

E a toda equipe do Instituto IDD pela atenção e pela qualidade de atendimento que nos proporcionou nesses dois anos de curso.

FOLHA DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PAVIMENTO DE CONCRETO DE UM TRECHO DA ESTRADA DE ACESSO A FÁBRICA ITAMBÉ

Por

ANDRÉ GUSTAVO POZZO

PATRICIA PIMENTEL PARANHOS

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS
OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) ____ de ____ de ____.

Kirke Andrew Wrubel Moreira

Luis César Siqueira De Luca

Marcelo Araújo Brandão

RESUMO

O presente trabalho avalia a qualidade do pavimento de concreto de um trecho da estrada de acesso a fábrica Itambé. A avaliação foi realizada de acordo com as normas sobre inspeção visual e avaliação dos pavimentos do DNIT, 060/2004 e 062/2004 respectivamente, por meio de uma avaliação do pavimento no ano de 2014 e, ainda, com dados de um estudo realizado em 2012 utilizando a ferramenta georreferenciamento, será possível comparar a qualidade do pavimento entre os dois anos. De acordo com a comparação, os resultados obtidos apresentaram uma evolução das manifestações patológicas durante os dois anos de estudo. Ainda, mesmo com a empresa responsável pelo pavimento executando manutenção corretiva (existe um reparo no trecho em estudo), a falta de manutenção preventiva na selagem das juntas de movimentação agravou a incidência de esborcinamento, o que compromete a qualidade do pavimento a longo prazo. Entretanto, de acordo com o índice de condição do pavimento calculado para a inspeção visual realizada no ano de 2014, mostra que a qualidade do pavimento está boa.

Palavras chave: pavimento rígido, concreto, manifestações patológicas, índice de condição do pavimento, qualidade.

LISTA DE CURVAS

Curva 1. Curva de fissuras lineares.....	70
Curva 2. Curva de pequenos reparos	71
Curva 3. Curva de desgaste superficial.....	71
Curva 4. Curva de fissuras de retração plástica	72
Curva 5. Curva de quebra de canto	72
Curva 6. Curva de esborcinamento de juntas.....	73
Curva 7. Curva para obtenção do valor deduzível corrigido	73

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Índice de Condição do Pavimento (ICP).....	32
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de Seção Transversal do Pavimento	21
Figura 2. Pavimento Flexível.....	22
Figura 3. Pavimento Semi-Rígido.....	22
Figura 4. Pavimento Rígido	22
Figura 5. Foto de Pavimento Flexível.....	23
Figura 6. Foto de Pavimento Rígido	23
Figura 7. Possíveis causas das manifestações patológicas.....	29
Figura 8. Esquema do Sistema de Informação Geográfica.....	33
Figura 9. Fábrica de Cimento Itambé – Curitiba	34
Figura 10. Fábrica de Cimento Itambé	36
Figura 11. Trecho em estudo.....	37
Figura 12. Escala de avaliação do ICP.....	51
Figura 13. Georreferenciamento 2012	55

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Espessura do pavimento	37
Foto 2. Trecho em estudo.....	38
Foto 3. Falta de manutenção na selagem das juntas	40
Foto 4. Esborcinamento das juntas	40
Foto 5. Desgaste superficial próximo ao acesso da fábrica	41
Foto 6. Fissura linear da placa 5B.....	41
Foto 7. Fissuras de retração plástica presente na placa 4A.....	42
Foto 8. Buraco de severidade baixa no pano 9B.....	42
Foto 9. Esborcinamento da junta.....	44
Foto 10. Retração plástica na placa 15B	45
Foto 11. Buraco de severidade alta no pano 11B.....	45
Foto 12. Pequeno reparo na placa 21B	47
Foto 13. Assentamento da placa 26A	48
Foto 14. Quebra de canto da placa 28B	48
Foto 15. Texturização do pavimento desgastada	49
Foto 16. Corte desalinhado da junta de movimentação	49
Foto 17. Entrada da fábrica em 2012	55
Foto 18. Fissura linear de severidade média na placa 4A (2012)	56
Foto 19. Defeito na selagem das juntas e esborcinamento (2012).....	56
Foto 20. Fissuras de retração plástica na placa 15B (2012).....	58
Foto 21. Reparo pequeno na placa 21B (2012).....	59
Foto 22. Quebra de canto da placa 28B (2012)	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Manifestações patológicas da amostra 1 (2014).....	61
Gráfico 2. Manifestações patológicas da amostra 2 (2014).....	62
Gráfico 3. Manifestações patológicas da amostra 3 (2014).....	62
Gráfico 4. Comparação do ICP de 2012 e 2014	63
Gráfico 5. Manifestações Patológicas do Trecho (2014).....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ficha de inspeção da amostra 1 (2014).....	39
Tabela 2. Ficha de inspeção da amostra 2 (2014).....	43
Tabela 3. Ficha de inspeção da amostra 3 (2014).....	46
Tabela 4. ICP da amostra 1 (2014)	52
Tabela 5. ICP da amostra 2 (2014).....	53
Tabela 6. ICP da amostra 3 (2014)	54
Tabela 7. ICP da amostra 1 (2012)	57
Tabela 8. ICP da amostra 2 (2012)	58
Tabela 9. ICP da amostra 3 (2012)	60
Tabela 10. Defeito na selagem das juntas	70

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	3
FOLHA DE APROVAÇÃO	4
RESUMO	5
LISTA DE CURVAS.....	6
LISTA DE EQUAÇÕES.....	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE FOTOS.....	9
LISTA DE GRÁFICOS	10
LISTA DE TABELAS.....	11
SUMÁRIO.....	12
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	15
1.2. OBJETIVOS.....	16
1.2.1. Objetivo Geral	16
1.2.2. Objetivos Específicos	16
1.3. HIPÓTESE	16
1.4. JUSTIFICATIVAS	17
1.4.1. Tecnológicas.....	17
1.4.2. Econômicas	17
1.4.3. Sociais	18
1.4.4. Ecológicas	18
1.5. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	199
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1. PAVIMENTOS	20
2.2. PAVIMENTO RÍGIDO	24
2.2.1. Tipos.....	24
2.2.2. Materiais	25

2.2.3.	Equipamentos	27
2.2.4.	Execução	28
2.2.5.	Manifestações Patológicas	28
2.2.6.	Método de Inspeção	31
2.2.7.	Método de Avaliação Objetiva.....	32
2.3.	GEORREFERENCIAMENTO	33
3.	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO...	34
3.1.	PROCEDIMENTO	34
3.2.	EQUIPAMENTOS E MATERIAIS	35
3.3.	RESULTADOS ESPERADOS.....	35
4.	ESTUDO DE CASO.....	36
4.1.	INSPEÇÃO VISUAL.....	37
4.1.1.	Amostra 1	39
4.1.2.	Amostra 2	43
4.1.3.	Amostra 3	46
4.1.4.	Observações Gerais das Amostras	48
4.2.	AVALIAÇÃO OBJETIVA.....	50
4.2.1.	Procedimento de Cálculo do ICP	50
4.2.1.1.	Valores Deduzíveis (VD).....	50
4.2.1.2.	Valores Deduzíveis Corrigido (VDC).....	51
4.2.1.3.	Índice de Condição do Pavimento (ICP).....	51
4.2.2.	ICP do Trecho em 2014	51
4.2.2.1.	ICP da Amostra 1 em 2014	52
4.2.2.2.	ICP da Amostra 2 em 2014	53
4.2.2.3.	ICP da Amostra 3 em 2014	54
4.3.	DADOS GEORREFERENCIADOS EM 2012	55
4.3.1.	ICP da Amostra 1 em 2012	56
4.3.2.	ICP da Amostra 2 em 2012	57
4.3.3.	ICP da Amostra 3 em 2012	59
5.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	61

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	65
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
8. ANEXOS	70
8.1. CURVAS PARA OBTENÇÃO DO VALOR DEDUZÍVEL (DNIT 062/2004 – PRO)	70

1. INTRODUÇÃO

Entende-se por conservação rodoviária o conjunto de operações e serviços destinados a preservar as características técnicas e físico-operacionais do sistema rodoviário e das instalações fixas, conforme padrões previamente estabelecidos, preservando os investimentos realizados e proporcionando aos usuários um transporte seguro, econômico e confortável.

Segundo pesquisa realizada pela Confederação Nacional do Transporte – CNT (2010), cerca de 60% do total de cargas e mais de 90% dos passageiros utilizam o sistema rodoviário. Isso reflete a forte influência desse sistema na logística nacional, constituindo-se em elemento estruturante no transporte do Brasil.

O fato é que um pavimento de concreto bem projetado e bem construído não necessitará de serviços de restauração ao longo de 20 anos, a não ser a resselagem de todas as suas juntas, no décimo e no vigésimo ano.

Portanto o pavimento de concreto é uma alternativa eficaz e viável, sob o aspecto técnico e econômico, constituindo-se uma excelente, e muitas vezes única, solução de engenharia para a pavimentação de rodovias, vias urbanas, portos, aeroportos e sistemas viários industriais e comerciais, com custo inicial competitivo, baixíssimo custo de manutenção e grande durabilidade (DUTRA, 2014).

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

De acordo com os parâmetros do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), o pavimento rígido estudado atende à demanda para qual foi executado?

1.2. OBJETIVOS

Nos objetivos serão apresentados os objetivos gerais e específicos do estudo a ser desenvolvido.

1.2.1. Objetivo Geral

Avaliar a qualidade do pavimento rígido de um trecho da estrada de acesso à indústria Itambé com o auxílio das normas do DNIT 060/2004 – PRO (Pavimento rígido – Inspeção visual – Procedimento) e DNIT 062/2004 – PRO (Pavimento rígido – Avaliação objetiva – Procedimento).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analisar a evolução ocorrida no pavimento em dois anos;
- Analisar as manifestações patológicas presentes;
- Avaliar a qualidade do pavimento.

1.3. HIPÓTESE

Após a realização do estudo, estima-se que os resultados que serão obtidos serão positivos. Pois pelo estudo prévio realizado analisando o tráfego da região e a tecnologia adotada, deduz-se que a qualidade do pavimento rígido em concreto estará em boas condições, pois é a alternativa mais recomendada.

1.4. JUSTIFICATIVAS

Neste capítulo serão apresentadas as justificativas tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas do estudo.

1.4.1. Tecnológicas

A ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) promove o emprego do pavimento de concreto em larga escala no Brasil, divulgando as melhores e mais atualizadas práticas de projeto, de construção e de controle de obra, de estudo dos materiais e da tecnologia aplicada do concreto, de modo que se obtenha um produto final de alta qualidade, exigindo pouca ou nenhuma manutenção ao longo do período de projeto de 20 anos (DUTRA, 2014).

Sendo assim, o estudo fará uma análise se o projeto atendeu às necessidades dos consumidores, se realmente foi a melhor opção.

1.4.2. Econômicas

Comparando economicamente os tipos de pavimento, o pavimento de concreto armado torna-se viável ao longo dos anos que com a correta execução, necessita somente de manutenção no tratamento das juntas durante a sua vida útil de projeto que é de 20 anos.

Por ser uma região industrial, a questão do excesso de cargas dos veículos foi contemplada no projeto, com o emprego de fatores de segurança de cargas, a partir do estudo do tráfego. Ainda, o concreto tem sua resistência mecânica aumentada ao longo do tempo o que representa um fator de segurança a mais no projeto, tornando o pavimento de concreto mais resistente aos excessos

de cargas do que qualquer outro tipo de pavimento, reduzindo a necessidade de manutenção.

Ainda, os caminhões apresentam uma economia de até 11% de combustível a cada 1.000 km rodados, a vida útil dos pneus aumenta em 20%, devido a cor clara melhora a visibilidade e reduz risco de acidentes e possibilidade de durabilidade de até 50 anos sem reparos significativos (SANTOS, 2014).

1.4.3. Sociais

O pavimento de concreto já é aceito como um redutor de acidentes rodoviários por não se deformar. No concreto não há buracos ou faixas com sulcos formados pelo peso dos caminhões como numa estrada de asfalto. Em dias de chuva o concreto não gera aquaplanagem e tem uma boa aderência do pneu com o pavimento, além de gerar melhor visibilidade à noite por ser mais claro. Ou seja, nele se trafega com muito mais segurança (GIUBLIN, 2008).

1.4.4. Ecológicas

Outra vantagem do pavimento de concreto é que o material traz menos danos ao meio ambiente. Composto por materiais que já se encontram na natureza, como pedra e areia, ele é menos agressor que o asfalto, cujo componente principal é o petróleo, fonte esgotável e poluidora. Acrescentando que o concreto, por não absorver calor, ajuda a resfriar o ambiente, enquanto o asfalto esquentando (GIUBLIN, 2008).

1.5. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

A **Introdução (1)** apresenta o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como delinea as principais justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

A **Revisão Bibliográfica (2)** discorre sobre os tipos de pavimentos e compara o pavimento rígido com o flexível. Descreve com maior detalhe o pavimento de concreto, os diferentes tipos, os materiais e equipamentos utilizados na execução, suas manifestações patológicas, o método de inspeção e o método de avaliação empregado. Por último, o capítulo explica o conceito de georeferenciamento.

A **Metodologia (3)** trata sobre a apresentação do estudo empregado neste trabalho, fazendo uma descrição da estrada, citando os materiais utilizados na inspeção e os resultados esperados.

O **Estudo de Caso (4)** apresenta as tabelas de inspeção realizadas em campo, a análise dos resultados deste estudo com base no cálculo do ICP, descrevendo e mostrando através de fotos os principais defeitos encontrados. O capítulo também apresenta o cálculo do ICP de 2012 para o mesmo local e mostra as fotos e o croqui obtidos através de georeferenciamento.

A **Análise de Resultados (5)** compara os resultados de 2012 com 2014, avalia a condição geral do pavimento e a manutenção que vem sendo realizada, e por fim discute a necessidade de reparos.

A **Conclusão (6)** apresenta as considerações finais acerca da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentada uma breve introdução aos tipos de pavimento e sua estrutura, e um estudo mais aprofundado sobre o pavimento rígido que é o objeto de estudo.

Ainda, serão descritas as manifestações patológicas que podem ocorrer em um pavimento rígido, um resumo do método de avaliação da qualidade do pavimento proposto pelas normas do DNIT e uma breve descrição sobre a ferramenta Georreferenciamento utilizada.

2.1. PAVIMENTOS

Segundo o Manual de Pavimentação de 2006 do DNIT o pavimento tem como função 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 atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento. Essa superestrutura é composta por um sistema de camadas com diferentes resistências e deformações resultantes das cargas impostas pelo tráfego, assentadas sobre um terreno de fundação. A seção transversal do pavimento é tipicamente composta por (Figura 1):

- a) Subleito: terreno de fundação;
- b) Leito: superfície obtida pela terraplenagem;
- c) Greide do leito: perfil do eixo longitudinal do leito;
- d) Regularização: camada sobre o leito para conformá-lo transversal e longitudinalmente de acordo com as especificações;
- e) Reforço do subleito: camada de espessura constante com material inferior à camada superior, porém melhor que o subleito;

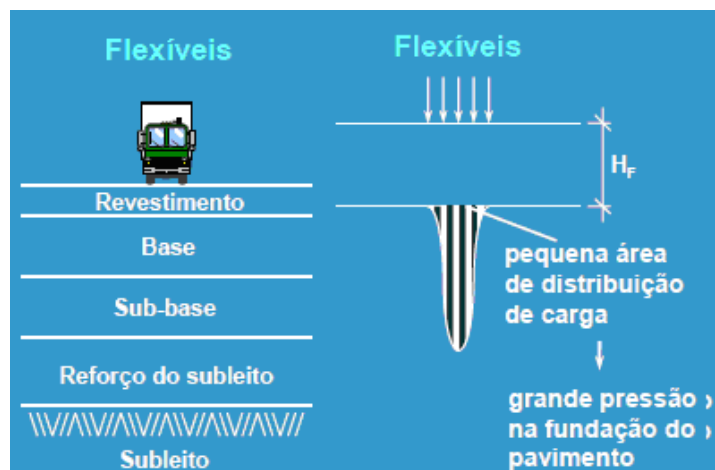


Figura 2. Pavimento Flexível (ANDRADE, 2012)

- b) Semi-Rígido: camada de solo cimento (base cimentada por aglutinante com propriedades cimentícias) revestida sobre uma camada asfáltica exemplifica esse tipo de pavimento (Figura 3);

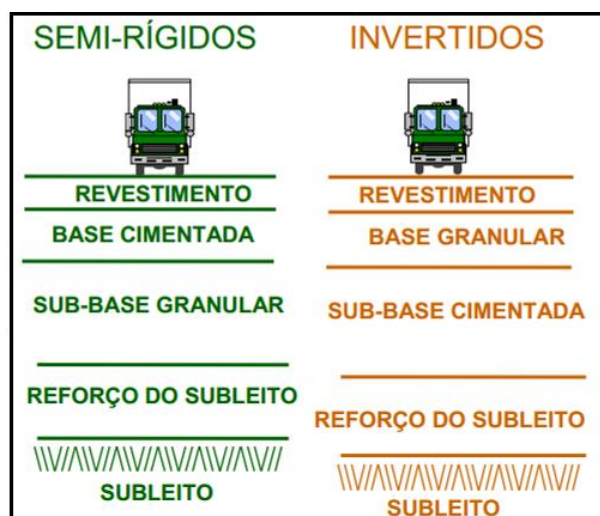


Figura 3. Pavimento Semi-Rígido (ADADA, 2008)

- c) Rígido: revestimento com elevada rigidez em relação às outras camadas absorvendo praticamente todas as tensões. Exemplo típico: pavimento composto por lajes de concreto de cimento Portland (Figura 4).

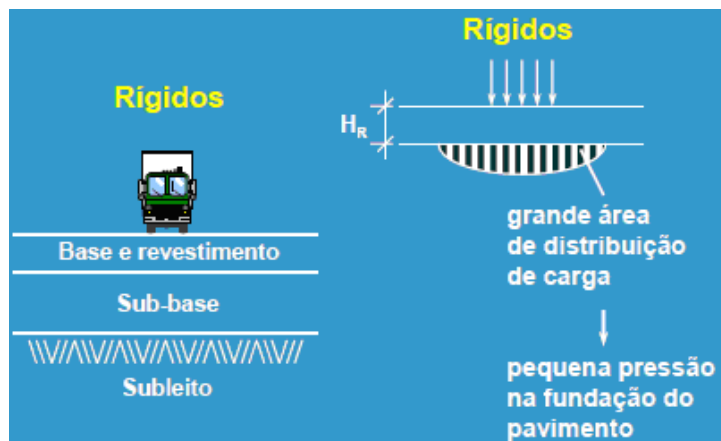


Figura 4. Pavimento Rígido (ANDRADE, 2012)

Abaixo, segue duas imagens que apresentam os dois tipos de pavimento, flexível (Figura 5) e rígido (Figura 6).



Figura 5. Foto de Pavimento Flexível (ADADA, 2008)



Figura 6. Foto de Pavimento Rígido (ADADA, 2008)

O pavimento flexível e o pavimento rígido têm suas aplicações específicas, suas vantagens e desvantagens que se aplicam a determinadas condições compatíveis com suas características mecânicas. Porém, houve no país uma priorização do pavimento flexível, tornando a malha rodoviária bastante vulnerável às condições ambientais de umidade e temperatura, somadas a um crescente volume de tráfego e de cargas. Isso é fruto da falsa premissa que pavimentos de custos iniciais menores são financeiramente mais vantajosos. Entretanto, ao se analisar economicamente, o pavimento rígido pode ser mais atrativo, considerando sua maior vida útil e reduzida manutenção (BENEDETTI, 2014).

2.2. PAVIMENTO RÍGIDO

O pavimento rígido é conhecido por sua grande durabilidade e baixíssima necessidade de manutenção. Ele distribui de forma mais uniforme as tensões solicitantes, transmitindo menores deformações para as camadas inferiores do pavimento. Portanto, o pavimento de concreto é a melhor alternativa para situações de tráfego elevado, como corredores de ônibus, e rodovias com alto fluxo de veículos pesados (BENEDETTI, 2014).

2.2.1. Tipos

Segundo GIUBLIN, 2014, os tipos de pavimento rígido são:

- a) Pavimento de concreto simples: possui juntas de contração para controle de retração;
- b) Pavimento de concreto armado: placas em regime de compressão sem sofrer esmagamento;

- c) Pavimento de concreto com armadura contínua: tolera fissuração de retração;
- d) Pavimento de concreto protendido: placas em regime elástico podendo ser maiores e mais esbeltas;
- e) Pavimento de concreto pré-moldado: placas com alta precisão e permitem uma rápida substituição no caso de deterioração;
- f) Whitetopping: nova camada de revestimento sobre um antigo pavimento asfáltica de concreto podendo ser protendida ou pré-moldada.

2.2.2. Materiais

Conforme a norma DNIT 048/2004 – ES, os principais materiais que compõem os pavimentos de concreto simples são:

- a) Cimento Portland: CP-I, CP-II, CP-III e CP-IV são cimentos considerados adequados;
- b) Agregados: graúdos e miúdos atendendo as exigências na norma NBR 7211;
- c) Água: a água destinada ao amassamento do concreto deverá ter:
 - a. pH entre 5 e 8;
 - b. Matéria orgânica inferior a 3 mg/l;
 - c. Resíduo sólido inferior a 5000 mg/l;
 - d. Sulfatos inferiores a 600 mg/l;
 - e. Cloretos inferiores a 1000 mg/l;
 - f. Açúcar inferior a 5 mg/l;
- d) Aditivos: empregados no concreto poderão ser do tipo plastificante-reductor de água, superplastificante ou retardador de pega atendendo à norma NBR 11768 e no caso do aditivo incorporador

de ar deve-se atender a norma NBR 11768 e a norma ASTM-C 260;

- e) Aço: as barras de transferência deverão ser lisas e retas de aço tipo CA-25 e as barras de ligação podem ser CA-50 ou CA-25, ambas de acordo com a norma NBR 7480;
- f) Material Selante de Juntas: moldado a quente, moldado a frio ou pré-moldado, todas atendendo a norma DNIT 046/2004 – EM;
- g) Material para Enchimento das Juntas de Dilatação: na parte inferior das juntas de dilatação podem-se empregar fibras trabalhadas, cortiças, borracha esponjosa, poliestireno ou pinho sem nó devidamente impermeabilizado;
- h) Película isolante e impermeabilizante: entre a placa e a sub-base poderá ser usada:
 - a. Membrana plástica, flexível, com espessura entre 0,2 mm e 0,3 mm;
 - b. Papel tipo “kraft” betumado com gramatura mínima de 200 g/m² contendo no mínimo 60 g/m² de cimento asfáltico de petróleo ou alcatrão;
 - c. Pintura betuminosa executada com emulsão asfáltica catiônicas de ruptura médias e taxa de aplicação ente 0,8 l/m² e 1,6 l/m²;
- i) Materiais para Cura do Concreto: água, tecido de juta, cânhamo ou algodão, lençol plástico, lençol de papel betumado ou alcatroado e compostos químicos líquidos capazes de formar películas plásticas;
- j) Concreto: deverá atender os seguintes requisitos:
 - a. Resistência característica à compressão (fck) de projeto;
 - b. Consumo mínimo de cimento de 320 Kg/m³
 - c. Relação água / cimento inferior ou igual a 0,50 l/Kg;
 - d. Abatimento de 70 mm ± 10 mm;

- e. Dimensão máxima característica do agregado de $\frac{1}{3}$ da espessura da placa do pavimento ou 50 mm;
- f. Teor de ar inferior ou igual a 0,5 %;
- g. Exsudação inferior ou igual a 1,5 %.

2.2.3. Equipamentos

A norma DNIT 048/2004 – ES lista os seguintes equipamentos destinados à execução das placas de concreto do pavimento:

- a) Fôrmas metálicas;
- b) Distribuidora de concreto;
- c) Bateria de vibradores de imersão;
- d) Eixo rotor frontal;
- e) Vibro-acabadora de bitola ajustável
- f) Régua alisadora;
- g) Perfil metálico tipo “T”.
- h) Máquina de serrar juntas com disco diamantado;
- i) Ponte de serviço de madeira;
- j) Rolo de cabo longo;
- k) Desempenadeira de madeira;
- l) Régua para nivelamento;
- m) Vassouras de fios de nylon;
- n) Ferramentas com ponta em cinzel;
- o) Compressor de ar;
- p) Desempenadeira de borda para acabamento.

2.2.4. Execução

A norma DNIT 048/2004 – ES sugere que a execução do pavimento rígido siga a seguinte ordem:

- a) Subleito;
- b) Sub-base;
- c) Assentamento de fôrmas e preparo para a concretagem;
- d) Mistura, transporte, lançamento e espalhamento do concreto;
- e) Adensamento do concreto;
- f) Acabamento do concreto;
- g) Identificação das placas;
- h) Execução das juntas;
 - a. Juntas longitudinais;
 - b. Juntas transversais;
 - c. Juntas transversais de construção;
 - d. Barras de ligação nas juntas longitudinais;
 - e. Barras de transferências nas juntas transversais;
- i) Colocação da tela de armação;
- j) Cura do concreto;
- k) Desmoldagem;
- l) Selagem das juntas.

2.2.5. Manifestações Patológicas

“Patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.” (HELENE, 1992).

Segundo o Manual de Pavimentos Rígidos de 2005 do DNIT, os defeitos mais comuns nos pavimentos rígidos estão normalmente associados ao emprego de técnicas executivas e materiais inadequados, aliados à ausência de uma manutenção rotineira (Figura 7). Essas manifestações patológicas podem ocorrer com diferentes frequências e graus de severidade, que tendem a se agravar com o decorrer do tempo.



Figura 7. Possíveis causas das manifestações patológicas (CHODOUNSKY, 2010)

A norma DNIT 061/2004 – TER descreve os defeitos encontrados em pavimentos de concreto da seguinte maneira:

- a) Alçamento de placas: desnivelamento de placas nas juntas, fissuras ou canaletas de drenagem;
- b) Fissura de canto: fissura que intercepta as juntas a uma distância menor ou igual à metade do comprimento das bordas do pavimento;
- c) Placa dividida: fissuras que dividem a placa em quatro ou mais partes;

- d) Escalonamento ou degrau nas juntas: deslocamentos verticais entre placas na região da junta;
- e) Falha na selagem das juntas: qualquer defeito no material selante que possibilite o acúmulo de material incompressível ou permita a infiltração de água;
- f) Desnível do pavimento-acostamento: degrau entre o pavimento e o acostamento;
- g) Fissuras lineares: fissuras que dividem a placa em duas ou três partes podendo ser transversais, longitudinais ou diagonais;
- h) Grandes reparos: área do pavimento maior que 0,45 m² que foi removida e preenchida com material de enchimento;
- i) Pequenos reparos: área do pavimento menor ou igual a 0,45 m² que foi removida e preenchida com material de enchimento;
- j) Desgaste superficial: deslocamento da argamassa superficial fazendo com que os agregados aflorem na superfície do pavimento e com o tempo fiquem com sua superfície polida;
- k) Bombeamento: lama fluída proveniente do solo de fundação expulsada através das juntas quando o pavimento for solicitado;
- l) Quebras localizadas: tricas em pequenos pedaços da placa tendo formas variadas;
- m) Passagem de nível: depressão ou elevação próximas aos trilhos;
- n) Rendilhamento: fissuras superficiais com profundidade de 6 a 13 mm com tendência de se interceptarem formando ângulos de 120°;
- o) Escamação: deslocamento da camada superficial fissurada;
- p) Fissuras de retração plástica: fissuras superficiais inferiores a 0,5 mm e de comprimento limitado formando ângulo de 45° a 60° com o eixo longitudinal da placa;
- q) Esborcinamento ou quebra de canto: quebras nos cantos das placas em forma de cunha com distância não superior a 60 cm do canto;

- r) Esborcinamento de juntas: quebra das bordas da placa nas juntas com comprimento máximo de 60 cm;
- s) Placa bailarina: movimentação vertical visível sob a ação do tráfego;
- t) Assentamento: afundamento da placa;
- u) Buracos: reentrâncias côncavas provocadas pela perda de concreto na superfície da placa.

2.2.6. Método de Inspeção

A avaliação de um pavimento deve ter como principal objetivo fornecer dados para a execução acertada de intervenções corretivas na sua estrutura, promovendo o restabelecimento das características de conforto, segurança e economia aos usuários das rodovias (GONTIJO, 1995).

A norma DNIT 063/2004 – PRO sugere que na inspeção do pavimento três avaliadores estejam presentes em veículos separados. Cada avaliador deverá:

- a) Percorrer cada trecho duas vezes. Primeiro com velocidade reduzida observando detalhes da pavimentação. Em seguida, com velocidade próxima ao limite permitido analisando conforto, segurança e escoamento do tráfego;
- b) Utilizar uma Ficha de Avaliação (Anexo A da norma DNIT 063/2004 – PRO) para cada trecho;
- c) Ao final de cada trecho, atribuir uma nota para o pavimento de acordo com a escala do Anexo B da norma DNIT 063/2004 – PRO;
- d) Não compartilhar sua avaliação com os outros avaliadores.

2.2.7. Método de Avaliação Objetiva

O método utilizado para a avaliação do pavimento de concreto pode ser encontrado na norma DNIT 062/2004 – PRO. Com os dados obtidos na inspeção dos trechos e uma análise das informações de cadastro documental da rodovia é possível determinar a condição estrutural e o comportamento da pavimentação rígida nos trechos, bem como as prováveis causas de seus defeitos.

O parâmetro que avalia a condição estrutural do pavimento chama-se Índice de Condição de Pavimento (ICP). Para calcular o ICP de uma amostra, subtrai-se de 100 (que é o valor do ICP, quando não há nenhum defeito visível), um somatório de “valores deduzíveis” (CVD), que é função dos tipos dos graus de severidade e das densidades de defeitos das placas defeituosas visíveis registrados na Ficha de Inspeção da amostra, conforme o item 5 do anexo na norma DNIT 062/2004 – PRO. A fórmula que expressa esse modelo matemático é a seguinte:

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

Onde:

ICP = Índice de Condição de Pavimento;

A = valor deduzível, dependendo do tipo de defeito (T_i), do grau de severidade (S_j) e da densidade de defeitos (D_{ij});

i = contador para tipos de defeitos;

j = contador para graus de severidade;

p = número de placas defeituosas;

mi = número de graus de severidade para o tipo de defeito;

F (t,q) = uma função de ajustamento para defeitos múltiplos que varia com o valor dedutível somado (t) e o número de deduções (q).

2.3. GEORREFERENCIAMENTO

“Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode ser definido como conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados de pessoas, perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de sua aplicação” (ANDRADE, 2012).

O SIG soluciona problemas de organização de dados em modelos espaciais possibilitando facilitar decisões de planejamento e também aprimorar o gerenciamento dos sistemas de transportes existentes. Ele usa um sistema de coordenadas para definir a localização de cada elemento da rede. A partir disto, o layout geométrico da rodovia pode ser definido (ANDRADE, 2012).

Dados de GPS podem ser aplicados no SIG, servindo como base para geração de mapas digitais georreferenciados. O GPS é o ponto chave na junção destes dois sistemas, pois permite inicialmente a aquisição dos dados, os quais constituirão a base geométrica para a análise espacial pelos SIGs (Figura 8). Desse modo, pode-se alcançar grande velocidade e precisão na coleta de dados, conduzindo a uma significativa melhoria nos mapeamentos (ANDRADE, 2012).

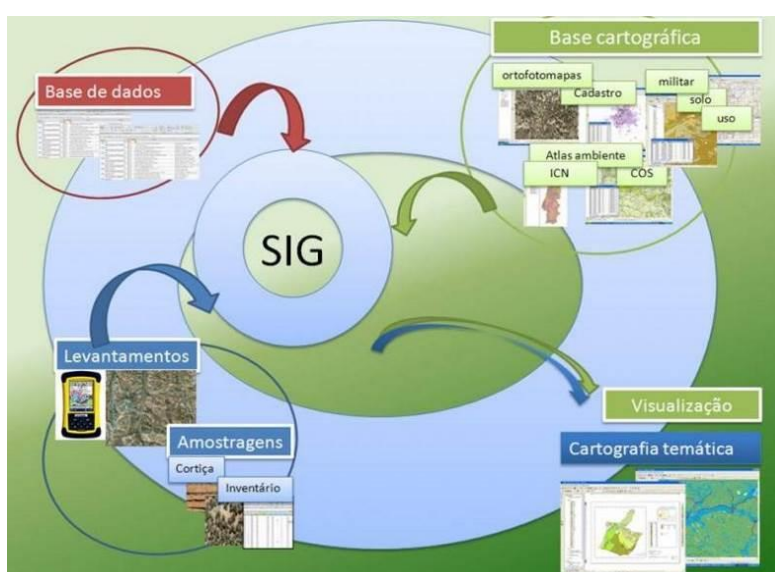


Figura 8. Esquema do Sistema de Informação Geográfica (ANDRADE, 2012)

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Neste capítulo serão detalhados e apresentados os procedimentos para realizar o estudo de caso. Assim como, o local de estudo, os métodos, equipamentos e materiais utilizados e resultados esperados de acordo com a revisão bibliográfica realizada.

3.1. PROCEDIMENTO

Esse trabalho consiste em uma avaliação da qualidade atual do pavimento rígido da estrada de acesso à indústria de cimento Itambé, localizada na BR 277, km 127, município de Balsa Nova no Paraná (Figura 9). Será feita uma comparação entre a avaliação atual e uma avaliação baseada em dados levantados há dois anos, no mesmo local, evidenciando assim a evolução das manifestações patológicas.



Figura 9. Fábrica de Cimento Itambé – Curitiba (ITAMBÉ, 2014)

Essa estrada foi escolhida por apresentar fluxo constante de veículos de grande carga, caminhões carregados com matéria prima para a produção de

cimento e carretas carregadas com o produto final para distribuição. Logo, tráfego que acentua anomalias no pavimento de concreto.

O estudo de caso ocorrerá da seguinte maneira: primeiramente será realizada uma inspeção visual para identificar as manifestações patológicas existentes e os reparos já executados. Em segundo, com os dados obtidos será feita uma avaliação da qualidade atual do pavimento através do cálculo do Índice de Condição do Pavimento (ICP). Por terceiro, através de dados georreferenciados em 2012, outro cálculo do ICP para o mesmo pavimento há dois anos. Quarto, comparação dos resultados de 2012 e 2014. Por último, avaliação da conservação da estrada e se há necessidade de novos reparos.

3.2. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

Os equipamentos e materiais utilizados foram:

- Computador;
- Dados da matéria gerenciamento de obras viárias - UFPR 2012;
- Fissurômetro;
- Máquina fotográfica;
- Normas e Manuais do DNIT;
- Trena.

3.3. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se determinar a qualidade do pavimento de concreto da estrada de Itambé e verificar se há necessidade de reparos. Além disso, procura-se justificar a opção pelo pavimento rígido naquele local e mostrar as vantagens dessa escolha.

4. ESTUDO DE CASO

Previamente à inspeção visual foi verificada a qualidade geral do pavimento de concreto, pois de acordo com a norma DNIT 060/2004, a escolha dos trechos deverá ser baseada em:

- a) Dados sucintos de campo;
- b) Informações de escritório ou do cadastro documental;
- c) Indícios que mostrem a necessidade da inspeção em determinados trechos.

Portanto, optou-se pelo trecho mais desgastado e que apresentava o maior número de reparos e manifestações patológicas.

O trecho escolhido é o mais solicitado de toda a estrada. Localizado em frente à entrada principal da fábrica e ainda é uma área de desaceleração, pois há uma mudança de pavimento para que os caminhões acessem a portaria. Sendo assim, uma área de acesso constante de caminhões carregados com matéria prima originada da pedreira próxima ao local e, ainda, uma área de frenagem devido à desaceleração dos caminhões (Figuras 10 e 11).



Figura 10. Fábrica de Cimento Itambé (GOOGLE MAPS, 2014)



Figura 11. Trecho em estudo (GOOGLE MAPS, 2014)

4.1. INSPEÇÃO VISUAL

O trecho em estudo está localizado entre os quilômetros 0,3 e 0,45 do pavimento, no sentido de quem acessa pela BR 277 sentido Ponta Grossa. O segmento é composto por 60 placas de concreto de 16,25 m² (5 x 3,25 m), com total de 975 m² (150 x 6,50m), sendo 30 placas em cada sentido da rodovia. Não foi possível verificar a espessura do pavimento no local devido à integridade do pavimento e do acostamento em asfalto. Entretanto, na mesma rodovia foi obtido acesso à espessura de 18 cm em um trecho que não havia acostamento (Foto 1).



Foto 1 – Espessura do pavimento

Para realizar o levantamento das manifestações patológicas o trecho foi dividido em amostras de 20 placas, ficando assim três amostras (Foto 2). A execução do levantamento seguiu de acordo com a norma DNIT 060/2014 – PRO:

- a) Tipos de defeito;
- b) Graus de severidade;
- c) Número de placas afetadas por um determinado tipo de defeito na amostra.



Foto 2 – Trecho em estudo

Ainda, devido ao tráfego intenso de caminhões foi possível verificar a existência ou não do defeito definido como “placa bailarina”.

Ao término do levantamento, os dados deverão ser catalogados em uma ficha de inspeção padrão conforme a norma DNIT 060/2014.

Pode-se observar que todas as placas apresentam defeito na selagem das juntas (Foto 3) e esborcinamento das juntas (Foto 4), com grau de severidade alto e médio respectivamente. Fica claro a falta de manutenção na selagem das juntas e, por consequência, o esborcinamento das juntas.



Foto 3 – Falta de manutenção na selagem das juntas



Foto 4 – Esborcinamento das juntas

O desgaste superficial dessa amostra (65%) é identificado no sentido do pavimento à entrada principal da fábrica (Foto 5) onde existe uma mudança de pavimento que demanda a frenagem dos caminhões. Ainda, os caminhões que acessam a fábrica estão carregados de insumos para alimentar a produção, ou seja, a pressão das frenagens sobre o asfalto é muito grande e ocasiona o desgaste.



Foto 5 – Desgaste superficial próximo ao acesso da fábrica

Outra manifestação patológica bastante presente nessa amostra são as fissuras lineares (Foto 6) que foram identificadas em 65% das placas, sendo 50% com severidade alta e 15% com severidade média.



Foto 6 – Fissura linear da placa 5B

Ainda, com uma porcentagem menos significativa que as demais manifestações, mas ainda com uma participação representativa, as fissuras de retração plástica (Foto 7) foram identificadas em 35 % das placas. Provavelmente, durante a execução do pavimento, a cura do concreto não foi realizada adequadamente.



Foto 7 – Fissuras de retração plástica presente na placa 4A

Por fim, a última manifestação patológica presente na amostra 1 é um buraco (Foto 8), presente em apenas uma placa (5% do total), o buraco possui 5 cm de diâmetro aproximadamente e apresenta um baixo grau de severidade.



Foto 8 – Buraco de severidade baixa no pano 9B

4.1.2. Amostra 2

A segunda amostra está compreendida entre as amostras 1 e 3, entre os quilômetros 0,35 e 0,40.

Na Tabela 2, segue a ficha de inspeção com um croqui de todos os panos de concreto e as manifestações patológicas existentes. Ao lado um resumo com todas as manifestações, graus de severidade e quantidade de panos afetados.

FICHA DE INSPEÇÃO (DNIT 060/2004 - PRO)

PAVIMENTO: Estrada de acesso à companhia de cimento Itambé DATA: 28/10/2014

TRECHO: 2 (KM 0,35 A 0,40) AMOSTRA Nº: 02/2014 MEDIDA DA PLACA (m): 3,25 x 5,00

CROQUI DA AMOSTRA				TIPOS DE DEFEITOS				
11	5M	5M		1. Alçamento de placas		11. Bombeamento		
	17M	17M	20	2. Fissura de canto		12. Quebras localizadas		
12	5M	5M		3. Placa dividida		13. Passagem de nível		
	17M	17M		4. Degrau de junta		14. Rendilhamento e escamação		
13	5M	5M		5. Defeito na selagem das juntas		15. Fissuras de retração plástica		
	17M	17M		6. Desnível pavimento-acostamento		16. Quebra de canto		
14	5M	5M		7. Fissuras lineares		17. Esborcinamento de juntas		
	17M	17M	10	8. Grandes reparos		18. Placa bailarina		
15	5M	5M		9. Pequenos reparos		19. Assentamento		
	17M	17M	15	10. Desgaste superficial		20. Buraco		
16	5M	5M		Tipos de Defeitos	Graus de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível
	17B	17B	10	5	M	20	100	
17	5M	5M		10		7	35	
	17B	17B	10	15		1	5	
18	5M	5M		17	M	10	50	
	17B	17B	10	17	B	10	50	
19	5M	5M		20	A	1	5	
	17B	17B	10					
20	5M	5M						
	17B	17B	10					
A B				VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				
				VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				
				ICP = 100 - VDC =				

Tabela 2 – Ficha de inspeção da amostra 2 (2014)

Pode-se observar que todas as placas apresentam defeito na selagem e esborcinamento das juntas (Foto 9) (assim como a amostra 1), com grau de severidade alto para o defeito na selagem e para o esborcinamento das juntas metade das placas apresentam grau de severidade médio e a outra metade alto. Com isso, fica claro a falta de manutenção na selagem das juntas e, por consequência, o esborcinamento das mesmas.



Foto 9 – Esborcinamento da junta

Ao analisar o desgaste superficial dessa amostra identificou-se uma redução em relação à primeira amostra, de 65% para 35% de placas afetadas. A maioria das placas, 71%, que apresentam desgaste é no sentido oposto à fábrica, em um trecho descendente que demanda a frenagem dos caminhões para reduzir a velocidade, o que ocasiona o desgaste.

Ainda, apenas 5% das placas apresentam fissuras por retração plástica (Foto 10). Assim, ao contrário da primeira amostra, a cura do concreto nesse trecho durante a execução do pavimento foi efetiva.



Foto 10 – Retração plástica na placa 15B

Por fim, 5% das placas de concreto, apenas uma placa, apresenta um buraco (Foto 11) com grau de severidade alto (com dimensão de 54 x 40 cm) e necessita de reparo para que não se desenvolva e ocasione um acidente.



Foto 11 – Buraco de severidade alta no pano 11B

Mais uma vez, assim como as duas primeiras amostras, pode-se observar que todas as placas apresentam defeito na selagem das juntas e esborcinamento das juntas, entretanto com grau de severidade inferior às amostras anteriores, médio e baixo respectivamente.

As fissuras de retração plástica nessa amostra estão presentes em 40% das placas, a maior incidência entre as três amostras.

Na sequência, as fissuras lineares e o desgaste superficial estão presentes em 20% das placas cada uma. Onde as fissuras lineares apresentam grau de severidade baixo.

Ainda, diferente das amostras anteriores, a amostra três apresenta um reparo pequeno (Foto 12) (inferior a $0,45 \text{ m}^2$) que atinge 5% das placas. Esse reparo é antigo e precisa ser refeito, pois possui grau de severidade alta, área de $0,129 \text{ m}^2$ ($0,15 \times 0,86 \text{ m}$) e está presente em apenas uma placa.



Foto 12 – Pequeno reparo na placa 21B

Por fim, outras manifestações que foram encontradas somente na amostra 3 foram o assentamento de placa e quebra de canto, ambas identificadas em apenas uma placa (5% do total). O assentamento da placa 26A foi de aproximadamente 1 cm em relação a placa anterior (Foto 13). A quebra de canto

(Foto 14) apresenta grau de severidade alto e área de aproximadamente 0,12m² (0,36 x 0,50m).



Foto 13 – Assentamento da placa 26A



Foto 14 – Quebra de canto da placa 28B

4.1.4. Observações Gerais das Amostras

Conforme evidenciado em todas as amostras analisadas, a empresa responsável pelo pavimento não está realizando a manutenção preventiva que garante a integridade do pavimento. Por outro lado, um reparo foi realizado, o que demonstra que a empresa realiza manutenções corretivas. Entretanto de quanto antes a intervenção, menor serão os custos. Por isso, a manutenção

preventiva da selagem das juntas garantiria a integridade das juntas, não permitindo o seu esborcinamento.

Ainda, durante a inspeção visual foi identificado que a texturização das placas está praticamente desgastada. Na maioria dos pontos o acabamento não existe conforme indica a Foto 15. A ausência da textura diminui o atrito entre o pavimento e os pneumáticos e pode aumentar a formação de lâminas d'água capazes de produzir hidroplanagem.



Foto 15 – Texturização do pavimento desgastada

Por fim, foram identificadas algumas juntas de movimentação que foram serradas incorretamente, provavelmente devido à falta de uma guia apropriada, como mostra a Foto 16.



Foto 16 – Corte desalinhado da junta de movimentação

4.2. AVALIAÇÃO OBJETIVA

Para avaliar a qualidade do pavimento em estudo utilizou-se a norma DNIT 062/2004 – PRO, que foi baseada na metodologia desenvolvida pela U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory (CERL).

4.2.1. Procedimento de Cálculo do ICP

A condição estrutural do pavimento será avaliada por meio do cálculo do ICP (Índice de Condição do Pavimento). O cálculo é baseado nas informações contidas na ficha de inspeção das amostras do trecho (Tabelas 1, 2 e 3). Portanto, de acordo com a norma DNIT 062/2014 – PRO, o avaliador deve:

- Obter os valores deduzíveis através das curvas do Anexo 8.1 (Curvas 1 a 6);
- Somar os valores deduzíveis obtidos;
- Corrigir o somatório dos valores deduzíveis obtendo o VDC (Valor Deduzível Corrigido);
- Por último, obter o valor do ICP.

4.2.1.1. Valores Deduzíveis (VD)

Para obter os valores deduzíveis utilizaram-se os dados levantados nas fichas de inspeção, tais como o tipo de manifestação patológica, grau de severidade e porcentagem das placas afetadas. Para cada tipo de manifestação patológica existe uma curva ou tabela para determinação de valores deduzíveis. O Anexo 8.1 apresenta as curvas que foram utilizadas nesse trabalho, fornecidas pela norma DNIT 062/2004 – PRO.

4.2.1.2. Valor Deduzível Corrigido (VDC)

Para obter o valor deduzível corrigido utiliza-se a Curva 7 do Anexo 8.1 e deve-se inserir o valor deduzível total, que consiste na soma dos valores deduzíveis de todas as manifestações patológicas presentes na ficha de inspeção.

4.2.1.3. Índice de Condição do Pavimento (ICP)

Para obter o valor do índice de condição do pavimento (IPC) subtrai-se o VDC de 100.

Por fim, com o índice ICP, utiliza-se a escala de avaliação do pavimento (Figura 12) fornecido pela norma DNIT 62/2014 – PRO para identificar a qualidade do pavimento.

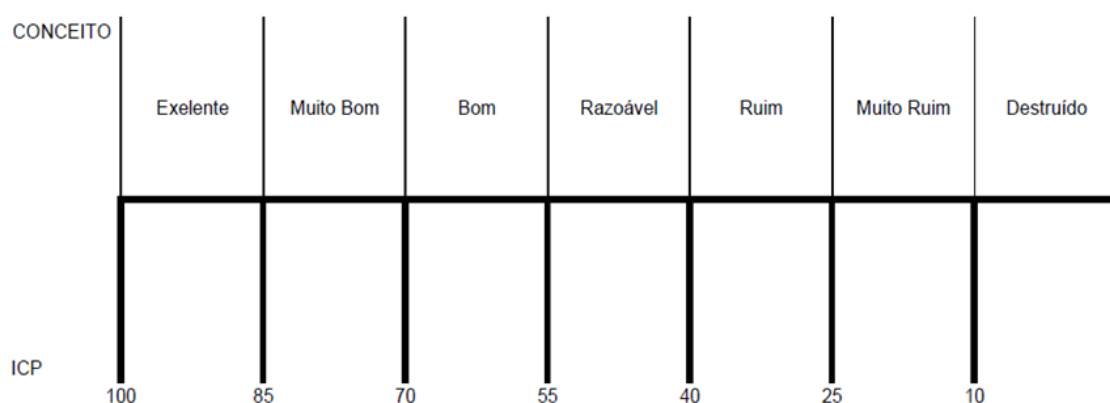


Figura 12 – Escala de avaliação do ICP (DNIT, 2004)

4.2.2. ICP do Trecho em 2014

Por meio dos cálculos anteriores os índices de correção do pavimento das amostras em estudo foram calculados e serão apresentados a seguir.

4.2.2.1. ICP da Amostra 1 em 2014

O ICP da primeira amostra ficou em 43 (Tabela 4) e de acordo com a escala de avaliação a qualidade do pavimento está razoável. Preocupante, pois está muito próximo ao conceito ruim. O valor do ICP dessa amostra foi influenciado devido a grande presença de fissuras lineares, que está presente em 65% das placas (50% com severidade alta e 15% com severidade média).

TIPOS DE DEFEITOS				
1. Alçamento de placas			11. Bombeamento	
2. Fissura de canto			12. Quebras localizadas	
3. Placa dividida			13. Passagem de nível	
4. Degrau de junta			14. Rendilhamento e escamação	
5. Defeito na selagem das juntas			15. Fissuras de retração plástica	
6. Desnível pavimento-acostamento			16. Quebra de canto	
7. Fissuras lineares			17. Esborcinamento de juntas	
8. Grandes reparos			18. Placa bailarina	
9. Pequenos reparos			19. Assentamento	
10. Desgaste superficial			20. Buraco	
Tipos de Defeitos	Graus de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível
5	A	20	100	8
7	A	10	50	49
7	M	3	15	12
10		13	65	9
15		7	35	2
17	M	20	100	25
20	B	1	5	-
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				105
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				57
ICP = 100 - VDC =				43

$$q = 4$$

ICP = Razoável

Tabela 4 – ICP da amostra 1 (2014)

4.2.2.2. ICP da Amostra 2 em 2014

O ICP da segunda amostra ficou em 73 (Tabela 5) e de acordo com a escala de avaliação a qualidade do pavimento está muito bom. Mesmo com a selagem e o esborcinamento das juntas afetando 100% das placas, essas manifestações não possuem um peso significativo que comprometa a qualidade do pavimento.

TIPOS DE DEFEITOS				
1. Alçamento de placas				
2. Fissura de canto				
3. Placa dividida				
4. Degrau de junta				
5. Defeito na selagem das juntas				
6. Desnível pavimento-acostamento				
7. Fissuras lineares				
8. Grandes reparos				
9. Pequenos reparos				
10. Desgaste superficial				
11. Bombeamento				
12. Quebras localizadas				
13. Passagem de nível				
14. Rendilhamento e escamação				
15. Fissuras de retração plástica				
16. Quebra de canto				
17. Esborcinamento de juntas				
18. Placa bailarina				
19. Assentamento				
20. Buraco				
Tipos de Defeitos	Graus de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível
5	M	20	100	4
10		7	35	6
15		1	5	0
17	M	10	50	15
17	B	10	50	9
20	A	1	5	-
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				34
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				27
ICP = 100 - VDC =				73

$$q = 2$$

ICP = Muito bom

Tabela 5 – ICP da amostra 2 (2014)

4.2.2.3. ICP da Amostra 3 em 2014

O ICP da terceira amostra ficou em 69 (Tabela 6), de acordo com a escala de avaliação a qualidade do pavimento encontra-se em bom estado. Mesmo apresentando o maior número de manifestações patológicas, a qualidade do pavimento não foi comprometida, pois a porcentagem das placas afetadas é baixa.

TIPOS DE DEFEITOS				
1. Alçamento de placas			11. Bombeamento	
2. Fissura de canto			12. Quebras localizadas	
3. Placa dividida			13. Passagem de nível	
4. Degrau de junta			14. Rendilhamento e escamação	
5. Defeito na selagem das juntas			15. Fissuras de retração plástica	
6. Desnível pavimento-acostamento			16. Quebra de canto	
7. Fissuras lineares			17. Esborcinamento de juntas	
8. Grandes reparos			18. Placa bailarina	
9. Pequenos reparos			19. Assentamento	
10. Desgaste superficial			20. Buraco	
Tipos de Defeitos	Graus de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível
5	M	20	100	4
7	B	4	20	10
9	A	1	5	3
10		4	20	4
15		8	40	2
16	A	1	5	4
17	B	20	100	12
19		1	5	-
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				39
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				31
ICP = 100 - VDC =				69

$$q = 2$$

ICP = Bom

Tabela 6 – ICP da amostra 3 (2014)

4.3. DADOS GEORREFERENCIADOS EM 2012

Devido à existência de dados georreferenciados do ano de 2012 coletados para uma disciplina de graduação da UFPR, foi possível verificar a qualidade do pavimento a dois anos por meio do cálculo do ICP. Tais índices demonstrarão a evolução das manifestações patológicas, já que foi possível avaliar as mesmas amostras.

A Figura 13 mostra o georreferenciamento com as principais manifestações patológicas indicadas por um círculo com cruz no meio em azul. Essas marcações estão relacionadas por quilometragem a tabelas e fotos que permitem visualizar a situação do pavimento em 2012. A Foto 17, por exemplo, mostra a mesma entrada da fábrica, local onde se iniciou o levantamento de 2014.



Figura 13 – Georreferenciamento de 2012



Foto 17 – Entrada da fábrica em 2012

Abaixo segue as tabelas das três amostras para o ano de 2012. O procedimento para obtenção do ICP foi o mesmo detalhado anteriormente.

4.3.1. ICP da Amostra 1 em 2012

A primeira amostra referente ao ano de 2012 está compreendida entre os quilômetros 0,40 e 0,45, assim como a primeira amostra de 2014. A qualidade do pavimento, de acordo com a escala de avaliação do ICP, é razoável, apresentando um índice de 52 (Tabela 7).

As fotos a seguir mostram as fissuras lineares de severidade média (Foto 18) e as juntas com defeito na selagem e esborcinadas com severidade baixa (Foto 19).



Foto 18 – Fissura linear de severidade média na placa 4A (2012)



Foto 19 – Defeito na selagem das juntas e esborcinamento (2012)

AVALIAÇÃO OBJETIVA DE DEFEITOS DE SUPERFÍCIE (DNIT 062/2004 - PRO)

PAVIMENTO: Estrada de acesso à companhia de cimento Itambé DATA: 2012

TRECHO: 1 (KM 0,30 A 0,35) AMOSTRA Nº: 01/2012 MEDIDA DA PLACA (m): 3,25 x 5,00

CROQUI DA AMOSTRA			
1	5M	5M	10
	17B	17B	7M
2	5M	5M	10
	17B	17B	7M
3	5M 7B	5M	10
	17B	17B	7M
4	5M 7B	5M	10
	17B	17B	7M
5	5M 7B	5M	10
	17B	17B	7M
6	5M	5M	
	17B	17B	
7	5M	5M	
	17B	17B	
8	5M	5M	
	17B	17B	
9	5M	5M	
	17B	17B	
10	5M	5M	
	17B	17B	
A		B	

TIPOS DE DEFEITOS				
1. Alçamento de placas		11. Bombeamento		
2. Fissura de canto		12. Quebras localizadas		
3. Placa dividida		13. Passagem de nível		
4. Degrau de junta		14. Rendilhamento e escamação		
5. Defeito na selagem das juntas		15. Fissuras de retração plástica		
6. Desnível pavimento-acostamento		16. Quebra de canto		
7. Fissuras lineares		17. Esborcinamento de juntas		
8. Grandes reparos		18. Placa bailarina		
9. Pequenos reparos		19. Assentamento		
10. Desgaste superficial		20. Buraco		
Tipos de Defeitos	Graus de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível
5	M	20	100	4
7	B	3	15	8
7	M	5	25	17
10		5	25	0
17	B	20	100	12
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				41
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				40
ICP = 100 - VDC =				60

q = 2
ICP = Bom

Tabela 7 – ICP da amostra 1 (2012)

4.3.2. ICP da Amostra 2 em 2012

A segunda amostra referente ao ano de 2012 está compreendida entre os quilômetros 0,35 e 0,40, assim como a segunda amostra de 2014. Em 2012 o índice resultou em 80 (Tabela 8), ou seja, a qualidade estava muito boa de acordo com a escala de avaliação do ICP.

A seguir, o pavimento com fissuras de retração plástica (Foto 20).

4.3.3. ICP da Amostra 3 em 2012

Assim como nas duas primeiras amostras, a terceira amostra de 2012 está compreendida entre os mesmos quilômetros que a sua respectiva de 2014, entre 0,30 e 0,35. A qualidade do pavimento em 2012 era muito boa, com um índice de 75 (Tabela 9).

Na sequencia, segue fotos das mesmas manifestações patológicas de 2014 das Fotos 12 e 14. Pequeno reparo que foi reexecutado, mas já está precisando de um novo reparo (Foto 21). Quebra de canto (Foto 22) que desenvolveu bastante comparado com a inspeção visual de 2014.



Foto 21 – Reparo pequeno na placa 21B (2012)



Foto 22 – Quebra de canto da placa 28B (2012)

AVALIAÇÃO OBJETIVA DE DEFEITOS DE SUPERFÍCIE (DNIT 062/2004 - PRO)PAVIMENTO: Estrada de acesso à companhia de cimento Itambé DATA: 2012TRECHO: 3 (KM 0,40 A 0,45) AMOSTRA Nº: 03/2012 MEDIDA DA PLACA (m): 3,25 x 5,00

CROQUI DA AMOSTRA		
21	5M 17B	5M 21A 17B 9A
22	5M 17B	5M 10 17B
23	5M 17B	5M 17B
24	5M 17B	5M 17B
25	5M 17B	5M 17B
26	5M 17B	5M 17B
27	5M 17B	5M 17B
28	5M 17B	5M 16B 17B
29	5M 17B	5M 17B
30	5M 17B	5M 17B
A		B

TIPOS DE DEFEITOS				
1. Alçamento de placas		11. Bombeamento		
2. Fissura de canto		12. Quebras localizadas		
3. Placa dividida		13. Passagem de nível		
4. Degrau de junta		14. Rendilhamento e escamação		
5. Defeito na selagem das juntas		15. Fissuras de retração plástica		
6. Desnível pavimento-acostamento		16. Quebra de canto		
7. Fissuras lineares		17. Esborcinamento de juntas		
8. Grandes reparos		18. Placa bailarina		
9. Pequenos reparos		19. Assentamento		
10. Desgaste superficial		20. Buraco		
Tipos de Defeitos	Graus de severidade	Nº de placas afetadas	% de placas afetadas	Valor deduzível
5	M	20	100	4
9	A	1	5	3
10		1	5	2
16	B	1	5	1
17	B	20	100	12
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				22
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				25
ICP = 100 - VDC =				75

q = 1
ICP = Muito bom

Tabela 9 – ICP da amostra 3 (2012)

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Para melhor visualizar a participação de cada manifestação patológica presente no trecho em estudo, segue gráficos de cada amostra para identificar quais são as anomalias mais recorrentes.

No Gráfico 1, o defeito na selagem e o esborcinamento das juntas são a maioria das manifestações (27% cada uma, totalizando 54% do total).

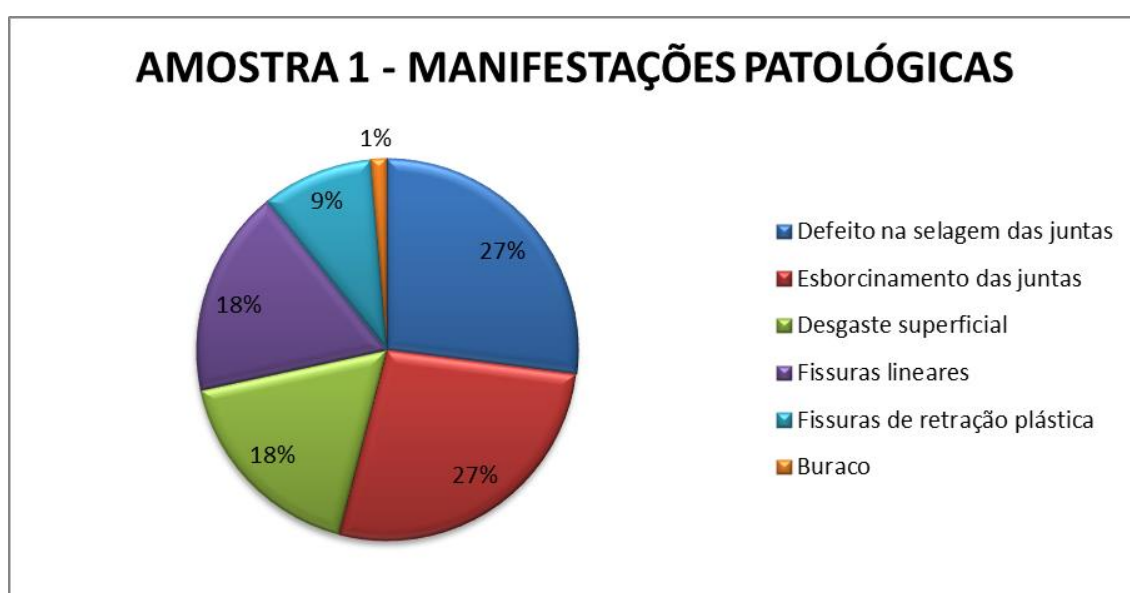


Gráfico 1 – Manifestações patológicas da amostra 1 (2014)

Já no Gráfico 2, novamente a maioria das manifestações patológicas são representadas pelo defeito na selagem e o esborcinamento das juntas (41% cada, totalizando 82% do total).

AMOSTRA 2 - MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

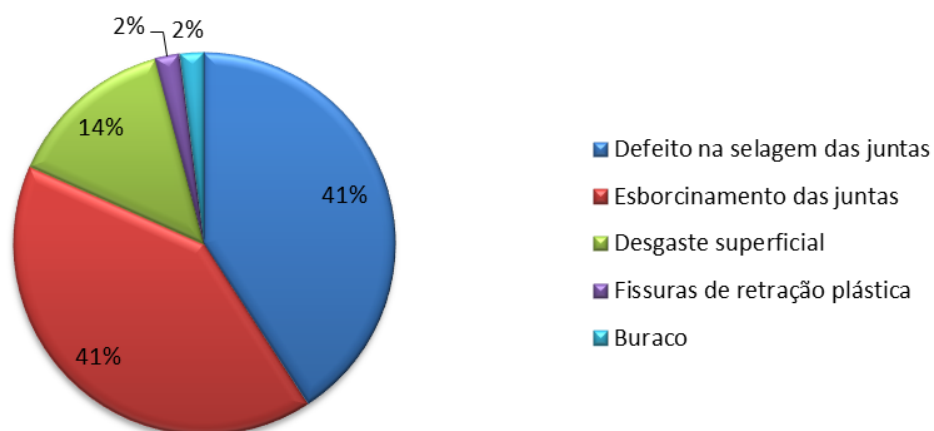


Gráfico 2 – Manifestações patológicas da amostra 2 (2014)

No Gráfico 3, assim como apresentado nos gráficos das amostras anteriores, na amostra 3 também o defeito na selagem e o esborcinamento das juntas são a maioria das manifestações (32% cada uma, somando 64% do total).

AMOSTRA 3 - MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

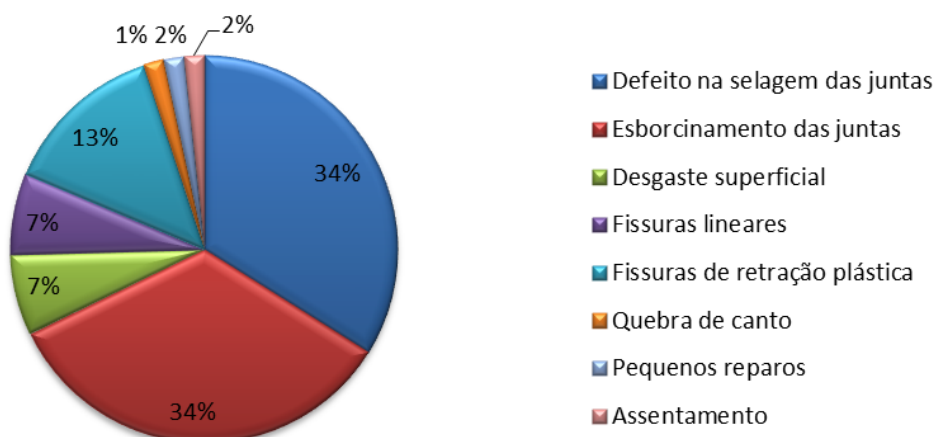


Gráfico 3 – Manifestações patológicas da amostra 3 (2014)

Assim, devido à recorrência dessas duas manifestações patológicas no pavimento em estudo, defeito na selagem e esborcinamento das juntas, fica evidente a falta de comprometimento da empresa responsável pela manutenção, pois o esborcinamento das juntas é consequência da falta de manutenção da selagem das juntas.

Ainda, para analisar o trecho como um todo, deve-se calcular uma média aritmética das três amostras em estudo. Em 2014, a média das três amostras é 62, logo a qualidade do trecho em estudo é boa. E em 2012, a média das amostras é 69, ou seja, a qualidade do pavimento em 2012 era também boa.

Os resultados encontrados neste estudo de caso foram relacionados no Gráfico 4, comparando o ICP de cada amostra e a média em 2012 (azul) e 2014 (vermelho). O gráfico possibilita visualizar a evolução do pavimento de concreto e das manifestações patológicas presentes no mesmo.

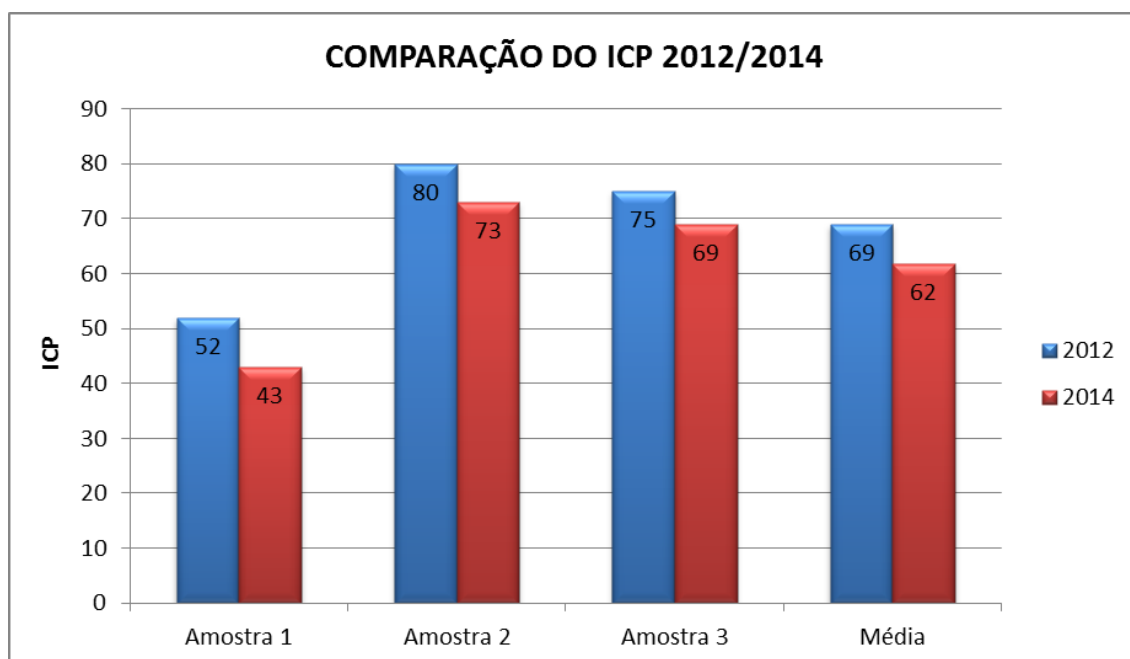


Gráfico 4. Comparação do ICP de 2012 e 2014

Na primeira amostra, em ambos os anos 2012 e 2014, os índices de condição do pavimento ficaram compreendidos no conceito razoável (52 e 43

respectivamente), entretanto a diferença é de nove pontos, ficando em 2012 próximo do conceito bom e em 2014 próximo do ruim.

Na segunda amostra, nos dois anos a qualidade das amostras ficou no conceito muito bom. Em 2012 apresentou um índice de 80 e em 2014 de 73.

Na terceira amostra, em 2012 o ICP era de 75 e a qualidade do pavimento era muito boa. Já em 2014 o índice é de 69 e a qualidade do pavimento é classificada como boa.

Portanto, dentre as três comparações, a primeira amostra foi a que apresentou o maior desenvolvimento das manifestações patológicas (uma diferença de nove pontos), provavelmente por ser o trecho que é mais solicitado devido a entrada da fábrica. Por outro lado, a terceira amostra foi a que apresentou a menor diferença de índice entre os anos (seis pontos), podendo ser consequência da maior distância da amostra com a entrada da fábrica de cimento.

Ainda, analisando pontualmente as manifestações patológicas, defeito na selagem e esborcinamento das juntas, pode-se verificar que a falta de manutenção do pavimento está prejudicando a qualidade já que em ambas o grau de severidade aumentou.

Por fim, analisou-se o ICP médio do trecho para os dois anos. Em 2012 a média entre as amostras resultaram em um índice de 69, que se enquadra na escala de avaliação como bom. Já em 2014 o índice do trecho é de 62 e também se enquadra em uma qualidade boa. Em síntese, apesar do conceito de avaliação continuar sendo bom, ocorreu uma queda de aproximadamente 10% no índice de condição do pavimento de 2012 para 2014, ou seja, houve perda de qualidade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A proposta do estudo foi realizar uma avaliação da qualidade de um trecho do pavimento de concreto de acesso à fábrica Itambé, por meio das normas de inspeção e avaliação objetiva do DNIT. Com isso, a qualidade do trecho em estudo está boa, com um índice de 62.

Com o levantamento realizado foi possível identificar através do Gráfico 5 que as manifestações patológicas mais recorrentes são defeito na selagem e esborcinamento das juntas, com 32,8% cada uma. Seguidas pelo desgaste superficial com 13,1% e fissuras lineares com 9,8%.

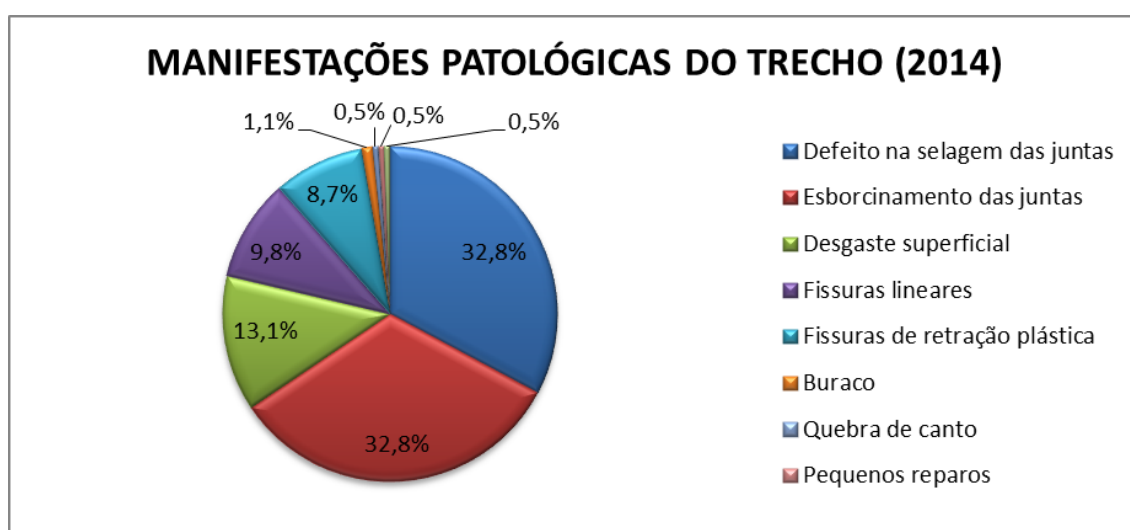


Gráfico 5. Manifestações Patológicas do Trecho (2014)

Ainda, foi possível comparar a qualidade do mesmo trecho entre dois anos, 2012 e 2014. Tal proposta foi viabilizada devido à existência de dados do ano de 2012, estudo realizado em uma disciplina de graduação da UFPR utilizando a ferramenta Georreferenciamento.

O trecho apresentou qualidade boa nos dois anos. Entretanto, a qualidade do pavimento durante esses dois anos obteve uma queda de aproximadamente 10% na sua qualidade, de 69 em 2012 para 62 em 2014.

Foi possível, também, verificar que a empresa responsável pela manutenção do pavimento realiza reparos corretivos no pavimento, que asseguram a qualidade do mesmo. Entretanto, a manutenção preventiva não é realizada, pois se verificou uma grande recorrência no esborcinamento das juntas que poderiam ser evitados com a manutenção da selagem das juntas.

Por fim, verificou-se que a utilização do pavimento de concreto para a área em questão é satisfatória. Durante esses dois anos não surgiram graves manifestações patológicas e nem grandes reparos, sendo assim consequência da baixa necessidade de manutenção que o pavimento rígido proporciona, garantindo o fluxo ininterrupto de caminhões que alimentam a produção de cimento.

Com os resultados obtidos na realização deste trabalho, assim como o conhecimento adquirido no desenvolvimento do estudo, pode-se sugerir para trabalhos futuros os seguintes tópicos:

- Fazer para o mesmo trecho, sugestões de reparo;
- Estudar outros tipos de avaliação de pavimentos rígidos, além da inspeção visual, como, por exemplo:
 - FWD: mede deflexões que avaliam a condição estrutural do pavimento através de valores de rigidez das camadas;
 - GPR: método geofísico que utiliza ondas eletromagnéticas de alta frequência para identificar a espessura do pavimento e as interferências na estrutura do pavimento;
 - DCP: teste do cone de penetração dinâmico que estima com facilidade o módulo de elasticidade das camadas do pavimento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADADA, L. B. **Tópicos de projeto de pavimento asfáltico e de cimento portland.** Disponível em: http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/RHTemp/PavimentosFlexiveiseRigidos_LucasAdada.pdf. Acesso em 17/11/2014.

ANDRADE, M. H. F. Material de Apoio, Disciplina: **Gerenciamento de Obras Viárias.** Curitiba, 2012.

BENEDETTI, L. Z. et al. **Pavimento rígido x pavimento flexível.** Disponível em: <http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/7208>. Acesso em 17/11/2014.

CHODOUNSKY, M. A. **Patologia em pisos industriais.** Disponível em: [http://www.anapre.org.br/pdfs/Patologias em Pisos Industriais Anapre RJ Marcel Chodounsky Dez2010.pdf](http://www.anapre.org.br/pdfs/Patologias%20em%20Pisos%20Industriais%20Anapre%20RJ%20Marcel%20Chodounsky%20Dez2010.pdf). Acesso em 17/11/2014.

DNIT. **ES 48/2004: Execução de pavimento rígido com equipamento de forma trilha – especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **PRO 60/2004: Pavimento rígido – Inspeção visual.** Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **TER 61/2004: Pavimento rígido – Defeitos - Terminologia.** Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **PRO 62/2004: Pavimento rígido – Avaliação objetiva.** Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **PRO 63/2004: Pavimento rígido – Avaliação subjetiva.** Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **ES 67/2004: Pavimento rígido – Reabilitação – Especificação de Serviço.** Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **Manual de Pavimentação.** Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://etg.ufmg.br/~jisela/pagina/Manual%20de%20Pavimenacao.pdf>. Acesso em 26/09/2014.

DNIT. **Manual de Pavimentos Rígidos.** Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://etg.ufmg.br/~jisela/pagina/Manual%20de%20Pav%20Rigidos%202005.pdf>. Acesso em 25/08/2014.

DUTRA, M. **Pavimento de concreto é alternativa eficaz e viável.** Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/pavimento-de-concreto-e-alternativa-eficaz-e-viavel/>. Acesso em 24/08/2014.

GIUBLIN, C. R. Material de Apoio, Disciplina: **Patologias em Pavimentos Rígidos.** Curitiba, 2014.

GIUBLIN, C. R. **O concreto pega a estrada.** Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/o-concreto-pega-a-estrada/>. Acesso em 24/08/2014.

GONTIJO, F. P. **Método PARAGON para avaliação e diagnóstico de pavimentos rodoviários**. Anais da 29ª reunião anual de pavimentação. Cuiabá, MT, 1995.

GOOGLE MAPS. **Mapa da área da fábrica Itambé**. <https://www.google.com.br/maps/@-25.4580112,-49.6083159,1450m/data=!3m1!1e3>. Acesso em 22/11/2014.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**, 2 ed. São Paulo: Pini, 1992.

ITAMBÉ. **Cimento Itambé - Localização**. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/a-itambe/localizacao/>. Acesso em 24/08/2014.

JUNG, Y. et al. **Guidelines for routine maintenance of concrete pavement**. Disponível em: <http://d2dtl5nnlpfr0r.cloudfront.net/tti.tamu.edu/documents/0-5821-1.pdf>. Acesso em 17/11/2014.

MARQUES, G. L. O. **Pavimentação**. Disponível em: <http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2012/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>. Acesso em 24/08/2014.

SANTOS, A. **Pavimento de concreto também requer manutenção**. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/pavimento-de-concreto-tambem-requer-manutencao/>. Acesso em 24/08/2014.

SANTOS, A. **Pavimento em concreto atrai investimento internacional**. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/pavimento-em-concreto-atrai-investimento-internacional/>. Acesso em 24/08/2014.

8. ANEXOS

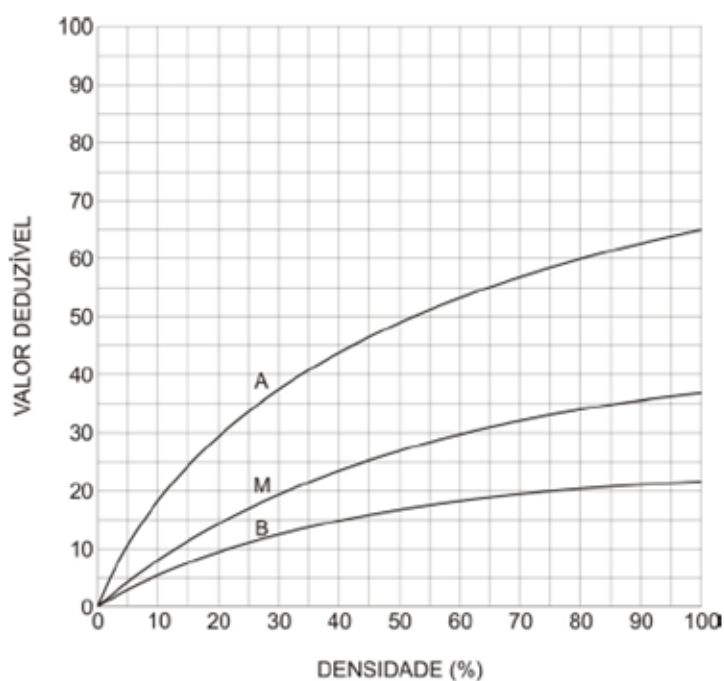
8.1. CURVAS PARA OBTENÇÃO DO VALOR DEDUZÍVEL (DNIT 062/2004 – PRO)

a) Defeito na selagem das juntas;

Grau de severidade	Valores deduzíveis
Baixo	2 pontos
Médio	4 pontos
Alto	8 pontos

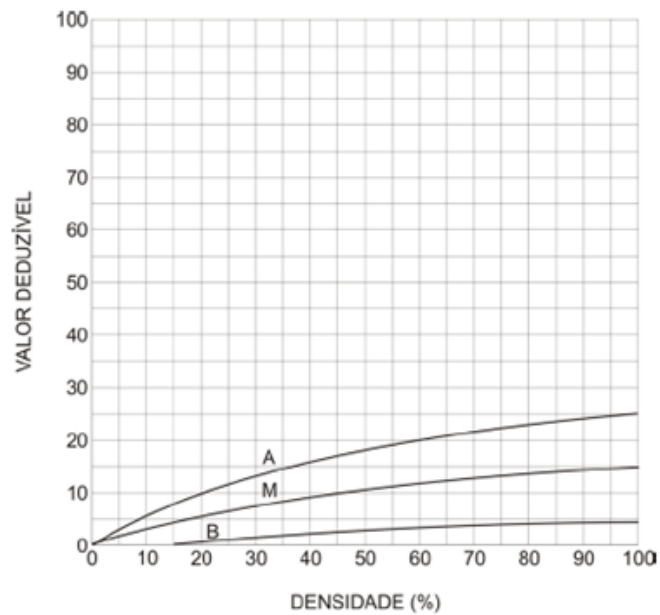
Tabela 10 – Defeito na selagem das juntas (DNIT, 2004)

b) Fissuras lineares;



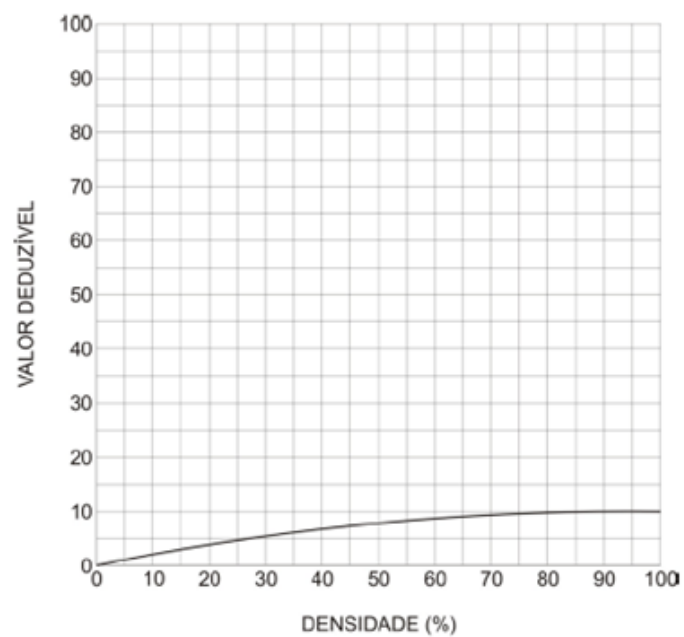
Curva 1 – Curva de fissuras lineares (DNIT, 2004)

c) Pequenos reparos existentes ($\leq 0,45 \text{ m}^2$);



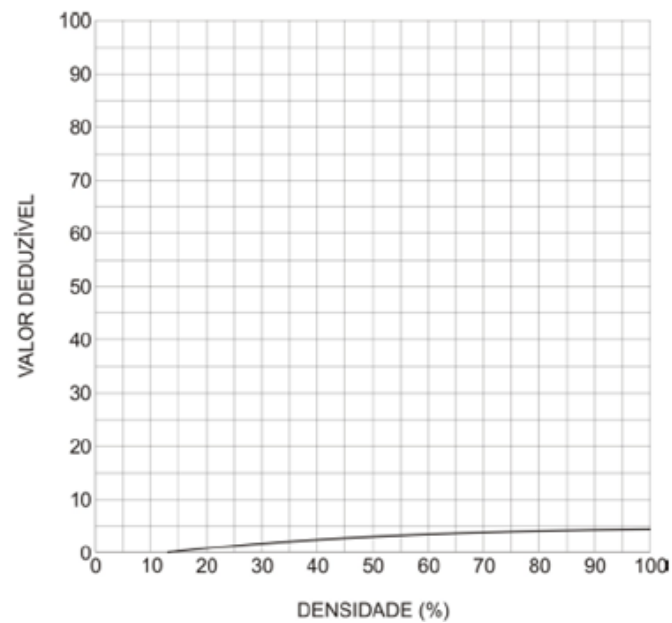
Curva 2 – Curva de pequenos reparos (DNIT, 2004)

d) Desgaste superficial;



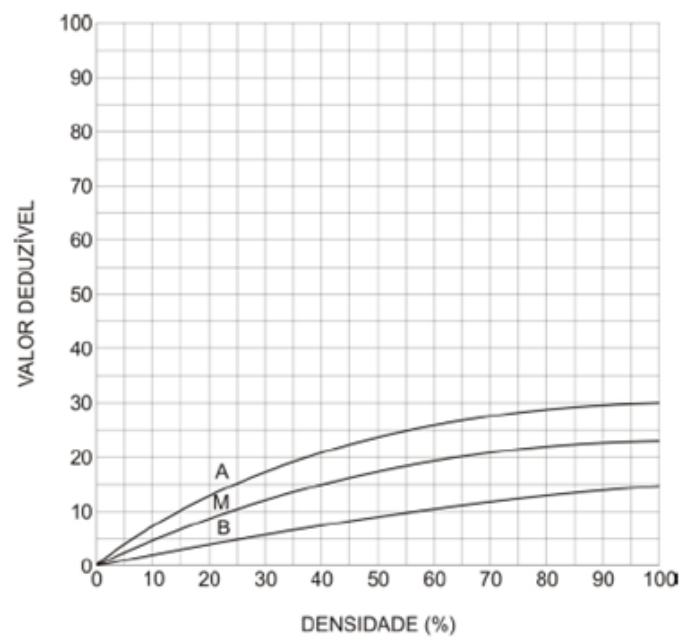
Curva 3 – Curva de desgaste superficial (DNIT, 2004)

e) Fissuras de retração plástica;



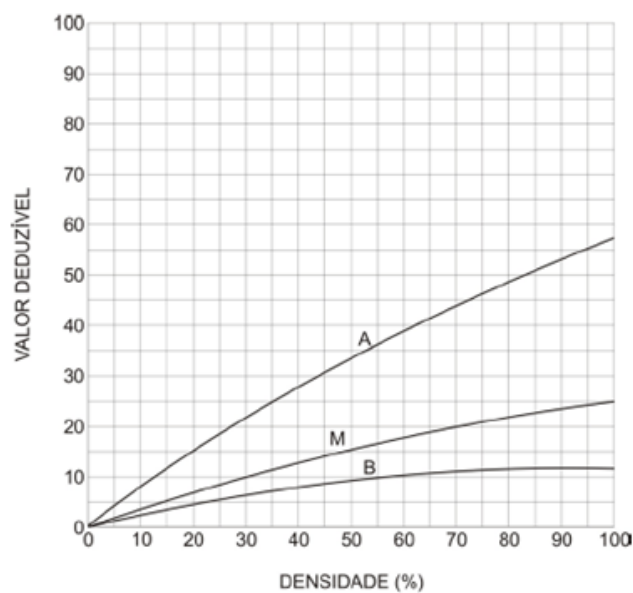
Curva 4 – Curva de fissuras de retração plástica (DNIT, 2004)

f) Quebra de canto;



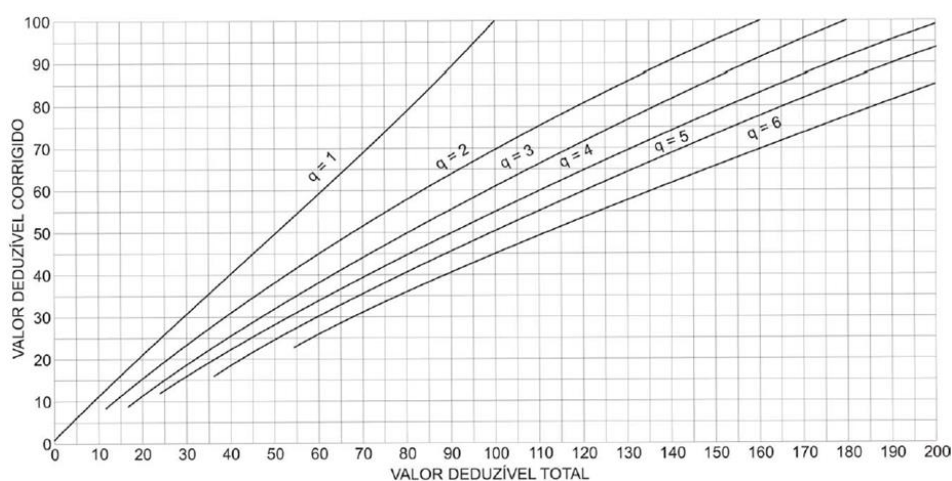
Curva 5 – Curva de quebra de canto (DNIT, 2004)

g) Esborcinamento de juntas;



Curva 6 – Curva de esborcinamento de juntas (DNIT, 2004)

h) Valor Deduzível Corrigido.



Curva 7 – Curva para obtenção do valor deduzível corrigido (DNIT, 2004)

Onde:

q = número de valores deduzíveis superiores a 5, considerando o maior valor para cada tipo de defeito.