Fábio Zanchetta

**AQUISIÇÃO DE DADOS SOBRE A CONDIÇÃO DOS
PAVIMENTOS VISANDO A IMPLEMENTAÇÃO DE
SISTEMAS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de
São Carlos da Universidade de São Paulo, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Transportes.

Orientador: Prof. Dr. José Leomar Fernandes Júnior

São Carlos

2005

AGRADECIMENTOS

À minha família, principalmente minha mãe Antonia e minha tia Lourdes, sem as quais eu não poderia completar esta etapa da minha vida.

Ao professor, amigo e pai acadêmico José Leomar, que me orientou neste trabalho e com quem compartilhei muitas risadas e aprendizado, tanto acadêmico quanto para a vida.

À Prefeitura Municipal de São Carlos, que deu início ao processo de implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos, viabilizando o presente trabalho, e à FIPAI pelo auxílio financeiro.

Aos amigos da Pós-Graduação Frederico, Deise, Marcos, Eduardo, Josiane, Simone e Leonardo; e também aos alunos da Graduação Sérgio, Regiane, Paula, Roberta, Viviam e Elisa, pela amizade e ajuda direta para a realização deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Transportes, que muito contribuíram para minha formação, em especial aos professores Glauco e Manoel.

Aos amigos de São Carlos, em especial, Ernesto, Giovane, Luiz Henrique, Xikko, Nilson, Renato, Cira, Karênina, Cláudio, Marcela, Ana, Pablo, Marcelo, Caio, Ivo, Edmárcio, Régis, Flávio e Anderson pela amizade e auxílio nas revisões do trabalho.

Ao Gigante, Paulo e João do laboratório de Infra-Estrutura.

Ao pessoal do tradicional futebol matinal aos domingos, onde o futebol arte era constantemente lembrado.

A todos funcionários do Departamento de Transportes.

ZANCHETTA, F. AQUISIÇÃO DE DADOS SOBRE A CONDIÇÃO DOS PAVIMENTOS VISANDO A IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS. 2005. 121 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso, realizado na cidade de São Carlos-SP (cidade brasileira de médio porte), que analisa o processo de implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU). Os objetivos são determinar a melhor maneira de coletar dados em campo, fornecer subsídios para a implantação de sistemas de gerência em outras localidades, analisar a reprodutibilidade e a repetibilidade das avaliações realizadas com a sistemática proposta pelo método SHRP (1993) e, por fim, comparar esse método com o adotado em Porto Alegre-RS, que se baseia na norma DNER ES 128/83. Os resultados apontaram o caminhamento como melhor forma de avaliar pavimentos urbanos. Os parâmetros analisados para verificar a reprodutibilidade e a repetibilidade das avaliações dos pavimentos mostraram altas correlações e baixas dispersões. O método SHRP mostrou-se mais completo do que a sistemática de avaliação baseada em norma do DNER.

Palavras-chave: pavimentos urbanos, sistemas de gerência, avaliação, defeitos.

ZANCHETTA, F. DATA COLLECTION OF PAVEMENT CONDITION AIMING THE URBAN PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM. 2005. 121 p. Dissertation (Master of Science) – Engineering School of São Carlos, Sao Paulo University, Sao Carlos, State of Sao Paulo, Brazil, 2005.

ABSTRACT

This work presents a case study developed in *São Carlos-SP* (a Brazilian medium sized city) that analyses the process of implementation of an Urban Pavement Management System (UPMS). Its objectives are the determination of the best way to collect field data, to subsidy the implementation of a management system in other medium sized cities, to analyze the reproducibility and the repeatability of the evaluations accomplished with the systematic proposed by the SHRP method (1993), and finally to compare the SHRP method with a field survey method used in Porto Alegre-RS, which is based on the DNER Standard ES 128/83. The results pointed to the walking as better form of evaluating the urban pavement. The parameters used to verify the reproducibility and the repeatability of pavement evaluation showed high correlations and low dispersions. The SHRP method was better than the evaluation based on the DNER standard.

Key-words: urban pavement, management system, evaluation, distresses.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Tecnólogo **FABIO ZANCHETTA**

Dissertação defendida e julgada em 06-01-2005 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Assoc. **JOSÉ LEOMAR FERNANDES JÚNIOR (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) APROVADO

Prof. Dr. **GLAUCO TULIO PESSA FABBRI**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) APROVADO

Profa. Dra. **ELIANE VIVIANI**
(UNESP/Bauru) APROVADO

Prof. Assoc. **JOSÉ LEOMAR FERNANDES JUNIOR**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes

Profa. Titular **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Índice de serventia ao longo do tempo ou com o tráfego acumulado.....	05
Figura 2.2 - Estrutura de implementação de um sistema de gerência de pavimentos.....	07
Figura 3.1 - Divisão em “folhas” do mapa da cidade de São Carlos, para facilitar trabalho de avaliação da condição do pavimento.....	10
Figura 3.2 - Planilha com dados de inventário.....	12
Figura 3.3 - Avaliação subjetiva do pavimento.....	13
Figura 3.4 - Avaliação objetiva do pavimento.....	14
Figura 4.1 - Desgaste alto em uma das faixas de rolamento.....	24
Figura 4.2 - Painelas com severidade alta.....	24
Figura 4.3 - Mapa temático contendo índices de prioridade de uma amostra de seções.....	25
Figura 4.4 - Excesso de interferência do SAAE em pavimento novo.....	25
Figura 4.5 - Valores de ICP subjetivo: análise de reprodutibilidade para as avaliações realizadas em 02/03/04.....	31
Figura 4.6 - Valores de ICP subjetivo: análise de reprodutibilidade para as avaliações realizadas em 04/03/04.....	34
Figura 4.7 - Valores de ICP calculado: análise de reprodutibilidade para as avaliações realizadas em 02/03/04.....	36
Figura 4.8 - Valores de ICP calculado: análise de reprodutibilidade para as avaliações realizadas em 04/03/04.....	38
Figura 4.9 - Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 1, valores de ICP subjetivo.....	44
Figura 4.10 - Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 1, valores de ICP calculado.....	44
Figura 4.11 - Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 1: ICP subjetivo.....	45

Figura 4.12- Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 1: ICP calculado.....	45
Figura 4.13- Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 2, com valores de ICP subjetivo.....	47
Figura 4.14- Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 2, valores de ICP calculado.....	47
Figura 4.15- Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 2: ICP subjetivo.....	48
Figura 4.16- Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 2: ICP calculado.....	48
Figura 4.17 - Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 3, valores de ICP subjetivo.....	50
Figura 4.18- Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 3, valores de ICP calculado.....	50
Figura 4.19- Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 3: ICP subjetivo.....	51
Figura 4.20- Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 3: ICP calculado.....	51
Figura 4.21- Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 4, valores de ICP subjetivo.....	53
Figura 4.22- Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 4, valores de ICP calculado.....	53
Figura 4.23- Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 4: ICP subjetivo.....	54
Figura 4.24- Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 4: ICP calculado.....	54
Figura 4.25- Gráfico de dispersão para análise comparativa entre os métodos SHRP e DNER ES 128/83: ICP subjetivo.....	60
Figura 4.26- Gráfico de dispersão para análise comparativa entre os métodos SHRP e DNER ES 128/83: ICP calculado.....	60
Figura 4.27- Distribuição das notas de ICP subjetivo para análise comparativa entre os métodos SHRP e DNER ES 128/83.....	61
Figura 4.28- Distribuição das notas de ICP calculado para análise comparativa entre os métodos SHRP e DNER ES 128/83.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Distribuição percentual da condição dos pavimentos e das estratégias de M & R.....	21
Tabela 4.2 - Intervenção no pavimento.....	22
Tabela 4.3 - Presença de calçada.....	22
Tabela 4.4 - Resumo dos defeitos presentes na malha urbana de São Carlos.....	23
Tabela 4.5 - Resumo dos resultados das seções reavaliadas.....	28
Tabela 4.6 - ICP Subjetivo das avaliações realizadas em 02/03/2004.....	30
Tabela 4.7 - Correlação entre notas dos avaliadores.....	32
Tabela 4.8 - ICP Subjetivo das avaliações realizadas em 04/03/2004.....	33
Tabela 4.9 - Correlação entre notas dos avaliadores.....	34
Tabela 4.10 - ICP Calculado das avaliações realizadas em 02/03/2004.....	35
Tabela 4.11 - Correlação entre notas dos avaliadores.....	36
Tabela 4.12 - ICP Calculado para as avaliações realizadas em 04/03/2004.....	37
Tabela 4.13 - Correlação entre notas dos avaliadores.....	38
Tabela 4.14 - Atividades de M&R previstas nas avaliações de 02/03/2004.....	39
Tabela 4.15 - Atividades de M&R previstas nas avaliações de 04/03/2004.....	40
Tabela 4.16 - Resultados de análise de repetibilidade do avaliador 1.....	43
Tabela 4.17 - Resultados de análise de repetibilidade do avaliador 2.....	46
Tabela 4.18 - Resultados de análise de repetibilidade do avaliador 3.....	49
Tabela 4.19 - Resultados de repetibilidade do avaliador 04.....	52
Tabela 4.20 - Avaliações baseadas na Norma DNER ES 128.....	56
Tabela 4.20 - Avaliações baseadas na Norma DNER ES 128 (Continuação).....	57
Tabela 4.21 - Avaliações baseadas nos métodos SHRP e DNER ES 128/83.....	59

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	1
2.SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS.....	3
3.ESTUDO DE CASO.....	9
3.1 INVENTÁRIO.....	11
3.2 AVALIAÇÃO SUBJETIVA.....	13
3.3 AVALIAÇÃO OBJETIVA.....	13
3.4 TRABALHO DE CAMPO.....	15
3.5 INTERFACE COM O SIG-T.....	16
3.6 AVALIAÇÃO COM BASE EM NORMA DO DNER.....	16
4. RESULTADOS.....	18
4.1 ASPECTOS GERAIS DAS AVALIAÇÕES.....	18
4.2 SITUAÇÃO DA MALHA VIÁRIA DE SÃO CARLOS.....	19
4.3 REPRODUTIBILIDADE E REPETIBILIDADE.....	26
4.3.1 REPRODUTIBILIDADE.....	29
4.3.2 REPETIBILIDADE.....	41
4.4 AVALIAÇÃO POR AMOSTRAGEM.....	56
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	62
5.1 CONCLUSÕES.....	62
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXO A	70
ANEXO B	75
ANEXO C	80
ANEXO D	90
ANEXO E	98

1 - INTRODUÇÃO

O maior objetivo de um sistema de transportes é promover o movimento de pessoas e mercadorias com segurança, economia e conforto, visando aumentar a atividade econômica e o desenvolvimento. No caso específico do transporte rodoviário, cujos pavimentos se deterioram com o passar do tempo, sob ação do tráfego e das intempéries, há a necessidade do planejamento de estratégias de intervenção, para que se tenha o pavimento na melhor condição possível, ao menor custo.

O aperfeiçoamento da infra-estrutura de transportes geralmente aumenta o padrão de vida e valoriza a comunidade. Nos Estados Unidos, por exemplo, os sistemas de transportes têm sido moldados pela legislação, de acordo com o curso do desenvolvimento histórico. Como os investimentos do governo representam bilhões de dólares ao longo de décadas, tem sido intensificado o uso de sistemas de gerência de pavimentos para preservar o capital investido.

Em um país como o Brasil, onde os recursos são escassos e nitidamente inferiores às necessidades, não é admissível que se desperdice dinheiro e, nesse sentido, os sistemas de gerência de pavimentos (SGP) são alternativas para a otimização dos recursos e garantia de boas condições para as vias públicas. Para tanto, é necessária uma abordagem organizada e sistemática, mas ao mesmo tempo compatível com os serviços do dia-a-dia do organismo rodoviário.

Para a implantação de um sistema de gerência de pavimentos urbanos são necessários dados iniciais, chamados dados de inventário, que contêm, por exemplo, a localização das seções a serem avaliadas, com identificação das ruas de início e término.

Com os dados de inventário corretos e atualizados é mais fácil o planejamento da ida ao campo para avaliação, que é o passo seguinte para a implementação de um SGPU, possibilitando a definição do tamanho da equipe e o modo de avaliação

(caminhamento ou dentro de veículo a baixa velocidade) de acordo com as características das vias a serem avaliadas.

Este trabalho analisa formas e sistemáticas de avaliação da condição dos pavimentos mediante levantamento de defeitos no campo, fornecendo subsídio para a implantação de sistemas de gerência de pavimentos urbanos. Tem por objetivos:

- Apresentar o processo inicial de implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) a partir de um estudo de caso;
- Mostrar a condição da malha viária de São Carlos;
- Avaliar a repetibilidade e a reprodutibilidade das avaliações realizadas com base no método *Strategic Highway Research Program* (SHRP, 1993);
- Comparar os resultados de avaliações realizadas com base em norma do DNER e no SHRP, considerando as notas e o tempo de avaliação;
- Incentivar o uso mais racional e técnico do conhecimento existente, como por exemplo, com o uso de Sistemas de Informações Geográficas aplicados a procedimentos de transportes (SIG-T), em Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU).

2 SISTEMAS DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS

Apresenta-se o conceito de gerência de pavimentos, com um breve histórico e algumas vantagens de seu emprego. Também são apresentadas algumas diferenças entre pavimentos urbanos e rodoviários. Mostra-se a estrutura de implementação de um SGP e o uso de novas tecnologias, como por exemplo, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Decisões são tomadas todos os dias pelos organismos responsáveis pelos pavimentos, sendo objetivo da gerência de pavimentos aumentar a eficiência da tomada de decisão, expandindo seu alcance, provendo avaliações para as conseqüentes decisões e assegurando a consistência das decisões tomadas em diferentes níveis de uma mesma organização (HAAS et al., 1994).

Os sistemas de gerência de pavimentos foram concebidos em meados da década de 1960, como um dos resultados do AASHO Road Test. Carey e Irik (1960) propuseram o Índice de Serventia (IS), que é uma forma subjetiva de quantificação da condição atual de um pavimento. O Índice de Serventia varia de zero até cinco, sendo cinco a nota correspondente a um pavimento em excelente condição.

A avaliação subjetiva é feita por um painel de avaliadores treinados, dentro de um veículo. O Índice de Serventia também pode ser determinado de forma objetiva, mediante levantamento de defeitos no campo (irregularidade longitudinal, deformação permanente nas trilhas de roda, área de trincas e remendos). A partir do Índice de Serventia podem ser estabelecidos limites de aceitação que possibilitam o planejamento das intervenções no pavimento.

Atualmente, para a avaliação objetiva, é mais comum o uso de um índice combinado de defeitos, obtido a partir de uma avaliação objetiva da condição do pavimento. Um exemplo de índice combinado é o “*Pavement Condition Index*” (PCI), definido por Shahim (1979).

São considerados os defeitos julgados mais importantes para a deterioração do pavimento, aos quais são atribuídos fatores de ponderação, registrando-se a extensão e a severidade de cada defeito. A severidade é normalmente dividida em três níveis (baixo, médio ou alto). Maiores detalhes sobre os defeitos considerados pelo SHRP são encontrados no Anexo A. A dificuldade inerente é definir os fatores de ponderação para o conjunto de defeitos considerados.

De acordo com Amekudzi e Atttoh-Okine (1997), muitos estudos foram realizados posteriormente ao AASHO Road Test sobre gerência de pavimentos. Apesar disso, a implantação dos sistemas de gerência de pavimentos encontrou grande resistência. Alguns organismos que implantaram um SGP tiveram sucesso por meio de esforços solitários de entusiastas do novo processo de tomada de decisão.

Mesmo durante as décadas de 1970 e 1980, os organismos rodoviários dos Estados Unidos ainda encontravam problemas em implantar sistemas de gerência de pavimentos, devido principalmente a problemas institucionais (pessoas e procedimentos). Muitos autores atribuem às questões institucionais o insucesso de várias tentativas de implantação de SGP, recomendando grande atenção a este item (AMEKUDZI e ATTOH-OKINE, 1997).

Um SGP é uma ferramenta que facilita a tomada de decisão, de maneira que o tempo e o custo sejam otimizados. Porém, às vezes pode parecer complicado, pois utiliza programas computacionais e análises financeiras para a elaboração de relatórios. Essa aparente dificuldade do SGP pode frustrar as pessoas envolvidas e diminuir o entusiasmo para a sua adoção e uso continuado. Além disso, o apoio político é indispensável tanto para a implementação como para a manutenção da equipe técnica ao longo do tempo, livre das perturbações causadas pela alternância político-partidária.

Segundo apresentado por Shahin (1994), os pavimentos precisam ser gerenciados, não somente mantidos. E embora seja difícil mudar a forma como os pavimentos são tratados hoje, será mais difícil explicar para as gerações futuras como nós falhamos em gerenciar nossos recursos e preservar nossa infra-estrutura viária. Ainda segundo Shahin (1994), quando questionados sobre por que não usam as mais recentes técnicas de gerência de pavimento, uma das respostas dos responsáveis é que não podem dispor dos recursos para inspeções e que preferem usar o dinheiro para reparar o pavimento. Não entenderam que gerência de pavimento pode ser apresentada como: “invista agora ou pague muito mais depois”.

A Figura 2.1 mostra que as intervenções no pavimento aumentam sua vida útil, e que, se não for feito nada, a serventia diminuirá cada vez mais rápido e o custo será bem maior quando de uma intervenção.

Figura 2.1 - Índice de serventia ao longo do tempo ou com o tráfego acumulado

É importante salientar que existem algumas diferenças entre pavimentos urbanos e rodoviários. O defeito desnível pista-acostamento, por exemplo, encontrado em rodovias, não é observado em pavimentos urbanos. Outros defeitos, como trincas transversais, agregados polidos e bombeamento, raramente são encontrados em vias urbanas, acarretando uma diferença nos defeitos considerados na avaliação de pavimentos rodoviários ou urbanos. As seções a serem avaliadas em pavimentos rodoviários são definidas a partir de trechos considerados homogêneos. Já nos pavimentos urbanos, praticamente não há trechos homogêneos, sendo cada seção definida como uma quadra. Como a velocidade dos veículos é maior nas rodovias, a

irregularidade longitudinal tem grande importância, o que não ocorre em vias urbanas, onde a velocidade é menor.

Convencionalmente, o processo de tomada de decisão de um SGP é dividido em nível de rede e nível de projeto. De acordo com Amekudzi e Attoh-Okine (1997), literaturas recentes introduzem um novo modelo de SGP com três níveis, diferenciando o nível de rede em nível de programa e nível de seleção de projetos, como segue abaixo:

1. Nível de Programa: envolve planejamento e alocação de recursos para otimização da rede;
2. Nível de Seleção de Projeto: hierarquiza projetos candidatos, levando em conta as restrições orçamentárias;
3. Nível de projeto: detalha as atividades (por exemplo, o dimensionamento de reforço) a serem implementadas em projetos específicos, escolhidos no nível de seleção de projeto.

Haas et al. (1994) salientam que as informações necessárias para cada nível de gerência devem ser coletadas e atualizadas periodicamente. Os critérios de decisão devem ser estabelecidos e quantificados e as estratégias alternativas devem ser identificadas. É preciso fazer a previsão do desempenho e dos custos de cada alternativa e, ainda, desenvolver procedimentos de otimização que considerem todo o ciclo de vida do pavimento. Finalmente, deve-se implantar todas essas atividades de gerência e usar a estratégia ótima selecionada.

A Figura 2.2 mostra a estrutura de um SGP. Nota-se que uma das primeiras atividades é a avaliação da malha viária, logo após a obtenção dos dados de inventário. Após a avaliação, faz-se a análise de prioridade das seções, por exemplo através de Índices de Prioridade (IP). Para cada seção é adotada uma estratégia de manutenção e reabilitação (nível de rede), em que as opções geralmente são: Não Fazer Nada (NF), Manutenção Preventiva (MP), Manutenção Corretiva (MC), Reforço (RF) e Reconstrução (RC). Passa-se ao detalhamento (nível de projeto), com seleção da

atividade de M&R e o seu dimensionamento, se necessário. Finalmente, tem-se a implementação da atividade escolhida.

Figura 2.2: Estrutura de implementação de um sistema de gerência de pavimentos

É preciso terminar com o círculo vicioso em que não se inicia um sistema de gerência de pavimentos porque não há recursos, dados de inventário, nem pessoal treinado, pois no fim gasta-se muito mais nas desesperadas reabilitações, às vezes sem critério algum.

Shahin (1994) relata que, infelizmente, a infra-estrutura de pavimentos gerenciada por alguns organismos está num ponto onde a maior parte dos recursos será utilizada para restauração. Mesmo assim, a melhor alternativa ainda é a implantação de um SGP, ou seja, ter um inventário da infra-estrutura, avaliar a condição existente e prever a futura, determinar os recursos necessários para manter a rede em um nível aceitável, identificar os trabalhos necessários, priorizar projetos e otimizar os gastos com as atividades de manutenção e reabilitação.

Mais recentemente, os SGP têm utilizado Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que combinam uma base de dados com mapas digitalizados, possibilitando a visualização de vários dados isolados ou agrupados. Como as informações sobre os

pavimentos têm um caráter espacial, a tendência é aumentar cada vez mais a participação da tecnologia SIG nas aplicações dos SGP em organismos estaduais ou locais. A tecnologia SIG pode ser vista como resultado da junção de dois programas consagrados, o DBMS (*data base management system*) e o CAD (*computer-aided design*), com adição de ferramentas especializadas para gerência e análise de dados espaciais.

3 ESTUDO DE CASO

Esta pesquisa foi realizada no município de São Carlos, que tem aproximadamente 200.000 habitantes e está situado na região central do estado de São Paulo, possuindo uma área total de 1.132 km², dos quais apenas 55 km² correspondem à área urbana. A cidade apresenta em torno de 8.000.000 m² de vias urbanas.

A Prefeitura Municipal de São Carlos, através da Secretaria Municipal de Obras, Transportes e Serviços Públicos (SMOTSP) e contando com a participação do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (STT-EESC-USP), está implantando um sistema de gerência de pavimentos, o que motivou este trabalho, que faz parte do processo inicial de levantamento de dados de inventário e de avaliação da condição do pavimento.

Uma base de dados digitalizada do mapa da cidade de São Carlos foi fornecida pela Prefeitura Municipal, juntamente com algumas informações já inseridas. Foram selecionados os campos de interesse para o Sistema de Gerência de Pavimentos (traçado das ruas, nome das ruas, número das quadras, número dos setores fiscais, divisão de loteamentos, limites da cidade), os quais serviram de base para os levantamentos de campo. Foi utilizado, também, um SIG-T.

O mapa da cidade de São Carlos foi dividido em “folhas” (Figura 3.1) para facilitar a coleta de dados, representando uma malha de 1600 m x 1000 m, identificada com letras (vertical) e números (horizontal), com a finalidade de se obter, em folhas tamanho A4, uma escala adequada para visualização quando do levantamento de campo, além de um melhor controle das áreas que estão sendo avaliadas e um melhor planejamento dos deslocamentos das equipes de avaliação.

A seção de avaliação corresponde, em geral, a uma quadra e tem um código único de identificação (ID), gerado nó a nó pelo SIG-T, além de outro código composto pela classe funcional, o setor e a quadra do cadastro imobiliário.

Figura 3.1: Divisão em “folhas” do mapa da cidade de São Carlos, para facilitar trabalho de avaliação da condição do pavimento

O levantamento de defeitos, realizado por alunos do programa de Pós-graduação do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos (USP), teve por base o Manual de Identificação de Defeitos de Pavimentos do *Strategic Highway Research Program* (SHRP, 1993).

Neste trabalho houve duas etapas para realização das avaliações da condição do pavimento. Na primeira etapa toda malha viária de São Carlos foi avaliada, como parte do processo de implantação do SGP no município, perfazendo 7113 seções, numa extensão de aproximadamente 740 Km.

Na segunda etapa, com intuito de obter dados para realizar análises de reprodutibilidade e repetibilidade do método SHRP e de comparar métodos diferentes de avaliação da superfície do pavimento, 28 seções foram reavaliadas duas vezes com um intervalo de dois dias entre uma avaliação e outra, sendo totalmente desprezadas as avaliações da primeira etapa, pois o tempo decorrido entre as avaliações da primeira etapa e as reavaliações da segunda etapa poderia acarretar seções em condições diferentes, fato que poderia prejudicar as análises de reprodutibilidade e repetibilidade.

Com as 28 seções escolhidas procurou-se abranger todos os intervalos de variação de ICP subjetivo (com pelo menos 5 seções em cada intervalo – do muito bom ao muito ruim) obtidos na primeira etapa de avaliação. As avaliações foram realizadas por quatro avaliadores escolhidos entre os que fizeram parte da equipe que avaliou toda a malha na primeira etapa.

A partir das reavaliações analisou-se a reprodutibilidade tanto das avaliações subjetivas, apenas com uma nota entre zero e cem, como das avaliações objetivas, em que o ICP é calculado em função do tipo, extensão e severidade dos defeitos. A comparação dos resultados da primeira reavaliação com a segunda, de um mesmo avaliador, é utilizada para a análise de repetibilidade.

A planilha de avaliação consiste de três partes. A primeira contém os dados de inventário, a segunda é usada para a avaliação subjetiva do pavimento e a última é utilizada para a avaliação objetiva dos defeitos. Mais detalhes sobre a planilha são encontrados no Anexo E.

3.1 INVENTÁRIO

A Figura 3.2 apresenta a parte da planilha que contém os dados de inventário, dos quais alguns são conhecidos antes da ida ao campo, enquanto outros ou são obtidos no momento da avaliação, ou ficam para serem posteriormente incluídos.

INVENTÁRIO DA REDE VIÁRIA URBANA				
ID da Seção:		Folha:	Código da Seção:	
Nome da Via				Sentido
Da:				
Até:				
Classe Funcional:		Setor:	Quadra	
Comprimento:		Largura:	Nº de Faixas:	
Tipo de Pavimento	Tipo de Estrutura	Condição do Subleito		Tipo de Rota
Ano de Construção	Ano da Última M&R		Tipo da Última M&R	
Volume de Tráfego	Volume de Caminhões		Taxa de Crescimento	
Responsável:			Data:	

Figura 3.2 - Planilha com dados de inventário

O campo ID é o código único de cada seção. A “folha” é obtida do mapa (Figura 3.1) e o “código da seção” é formado por três itens (classe funcional, setor e quadra). Os campos “Nome da via”, “Da” e “Até” definem o segmento a ser avaliado, com seu início e fim. A “classe funcional” é dividida em três categorias (arterial, coletora e local), enquanto o “setor” e a “quadra” são encontrados em mapas que trazem informações do cadastro imobiliário. O SIG-T fornece diretamente o “comprimento” de cada seção, mas a “largura” é medida em campo durante a avaliação, com auxílio de uma trena. O “número de faixas” também é determinado quando das avaliações.

O “tipo de pavimento” é um campo utilizado não somente para identificar pavimentos flexíveis (F), rígidos (R), de paralelepípedo (P), de blocos intertravados de concreto de cimento Portland (B), mas também para o controle das seções inventariadas, de acordo com as seguintes opções para caracterização de cada ID: via não-pavimentada (NP), estrada estadual (EE), estrada municipal (EM), condomínio residencial ou industrial (CR), universidade federal (UF), universidade estadual (UE), não existente (NE) e linha de transmissão (LT).

Um grande problema, encontrado também em São Carlos, é que as prefeituras, em geral, não mantêm inventários atualizados da malha urbana, dificultando muito a identificação das seções a serem avaliadas. Os mapas disponíveis nem sempre estão atualizados quanto à pavimentação, sendo necessária, em alguns casos, a confirmação da existência da seção. Em relação aos campos “tipo de estrutura”, “ano de construção”, “ano da última M&R”, “tipo da última M&R”, “volume de tráfego”, “volume de

caminhões” e “taxa de crescimento”, raramente estão disponíveis previamente, sendo na medida do possível levantados pelos avaliadores quando da ida ao campo. De qualquer forma, a implantação do Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos enfatiza a importância dessas informações e como elas podem ser obtidas e, o que é mais importante, a necessidade de alimentação do banco de dados do SGP.

3.2 AVALIAÇÃO SUBJETIVA

A Figura 3.3 apresenta a parte da planilha relacionada à avaliação subjetiva da condição do pavimento, que resulta da atribuição de um valor de ICP entre zero e cem por parte do avaliador. Avalia-se, também, o grau de intervenção (baixo, médio ou alto) de empresas que, para efetuar melhorias, executam remendos no pavimento, como por exemplo o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto). Os campos “drenagem” e “calçada” são preenchidos quanto à aceitabilidade de sua condição. O campo “aceitável” refere-se à aceitabilidade da condição do pavimento, sendo que o avaliador também indica a estratégia de M&R mais adequada.

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO		
ICP:	Aceitável:	M & R Prevista:
SAAE	Calçada:	Drenagem:

Figura 3.3 - Avaliação subjetiva do pavimento

3.3 AVALIAÇÃO OBJETIVA

A Figura 3.4 apresenta a parte da planilha que é utilizada para a avaliação objetiva, onde são considerados os defeitos, com sua respectiva ponderação, extensão e nível de severidade. São definidos os pontos dedutíveis de cada defeito, que depois de somados, são subtraídos de cem para que seja calculado o ICP da seção avaliada. Nota-se que os defeitos “trincas transversais”, “agregados polidos”, “desnível pista-acostamento” e “bombeamento” não possuem fatores de ponderação, apenas N/C (não considerado), porque, apesar de considerados pelo SHRP (1993), ou não foram encontrados ou dizem mais respeito a rodovias e não a pavimentos urbanos.

Quando o volume de dados for maior, o cálculo do ICP em função do tipo, severidade e extensão dos defeitos também poderá ser feito de acordo com a Equação 1.

$$ICP = 100 - \sum D_i \times S_i \quad (1)$$

onde:

- D_{ij} é a extensão da deterioração i, com o nível de severidade j;
- S_{ij} é o fator de ponderação deterioração i com nível de severidade j.

QUANTIFICAÇÃO DOS DEFEITOS					
TIPO DE DEFEITO	SEVERIDADE			PONTOS DEDUTÍVEIS	
	B	M	A	Intervalo	Avaliação
1-Trinca por fadiga (m ²)				0 a 15	
2-Trinca em bloco (m ²)				0 a 5	
3-Defeito nos bordo (m)				0 a 5	
4-Trinca longitudinal (m)				0 a 5	
5-Trinca por reflexão (m ²)				0 a 5	
6-Trincas transversais (m)				N/C	
7-Remendo (m ²)				0 a 15	
8-Panela (m ²)				0 a 10	
9-Deformação permanente (m)				0 a 15	
10-Corrugação (m)				0 a 5	
11-Exsudação (m)				0 a 5	
12-Agregados polidos (m ²)				N/C	
13-Desgaste (m ²)				0 a 15	
14-Desnível pista-acostamento (m)				N/C	
15-Bombeamento (m ²)				N/C	
OBSERVAÇÃO:					Σ =
FOTO:					ICP =

Figura 3.4 - Avaliação objetiva do pavimento

Para efeito da avaliação objetiva, decidiu-se atribuir os pontos dedutíveis de cada defeito de modo que metade dos pontos do intervalo de variação de um determinado defeito correspondesse ao nível de severidade e a outra metade fosse em função da extensão. Por exemplo, o defeito desgaste tem 15 pontos a serem deduzidos no máximo, sendo que 7,5 pontos (no máximo) devem ser deduzidos em função da severidade e 7,5 pontos (no máximo) em função da extensão. Assim, com a combinação que o avaliador fizer de extensão e severidade será determinado o total de pontos a serem deduzidos do

defeito desgaste. Um defeito pode ter os mesmos pontos deduzidos em diferentes seções, mas apresentar grandes diferenças, ou seja, o defeito desgaste pode ter 10 pontos deduzidos em uma dada seção que apresenta nível médio de severidade e uma grande extensão. Outra seção pode apresentar uma extensão menor, porém com severidade alta, e ter os mesmos 10 pontos deduzidos.

3.4 TRABALHO DE CAMPO

Antes do início efetivo do trabalho de campo por parte da equipe de avaliadores, foi necessário um treinamento, visando padronizar a forma de avaliar o pavimento. Para tanto, um avaliador experiente fez algumas avaliações com o grupo, composto por alunos de pós-graduação em infra-estrutura de transportes e, portanto, já familiarizados com os conceitos de gerência de pavimentos e com as patologias dos pavimentos flexíveis, para que algumas dúvidas sobre como considerar a extensão e a severidade dos defeitos fossem sanadas. Somente após uma aceitável padronização é que os avaliadores foram ao campo efetivamente e de forma independente. Dúvidas específicas surgiram, sendo colocadas em discussão nas reuniões de fim de expediente do grupo, em que todos participavam e aproveitavam para manter e melhorar a padronização das avaliações.

As avaliações começaram pelas seções indicadas pela Prefeitura Municipal de São Carlos como sendo prioritárias. Posteriormente, foram selecionadas as localidades pela equipe de avaliação, visando uma maior produtividade.

No primeiro momento, cada um dos quatro avaliadores se responsabilizou por uma rua do bairro, levando para campo as planilhas sem nenhum dado de inventário, para que fossem completamente preenchidas no local, desde data, código da seção, nome das ruas, até a avaliação dos defeitos. Em função da baixa produtividade, optou-se pelo preenchimento dos dados de inventário que estivessem disponíveis antes da saída para o campo, colocando-se, também, as planilhas na ordem em que seriam avaliadas. As planilhas organizadas de acordo com o percurso facilitaram bastante o trabalho de campo.

Em bairros com baixo volume de tráfego foram realizadas, algumas vezes, levantamentos dentro de um veículo, em equipes de uma ou duas pessoas. A velocidade do veículo durante a avaliação foi de cerca de 10 a 20 km/h. Mas sempre que alguma seção apresentava dúvida sobre o tipo, extensão ou severidade do defeito, parava-se o veículo e a inspeção era feita por caminhamento, embora tais ocorrências tenham sido pouco frequentes.

3.5 INTERFACE COM O SIG-T

A utilização de um SIG-T, indispensável na etapa de análise dos dados, priorização das seções e seleção de estratégias de intervenções, mostrou-se muito útil desde o começo, pois tornou possível a impressão de planilhas geradas numa planilha eletrônica, já com cabeçalhos prontos, contendo dados como o nome da rua ou avenida da seção, as esquinas de início e fim de cada segmento, o comprimento, a quadra e o setor. Outra vantagem da interface do SIG-T com a planilha eletrônica é a facilidade de entrada de dados mediante digitação, após o trabalho de campo. Uma vez digitados, os dados são transferidos para o SIG-T, para as análises de gerência de pavimentos em nível de rede.

3.6 AVALIAÇÃO COM BASE EM NORMA DO DNER

No Brasil, a norma DNER-ES 128/83 (Anexo B), “*Levantamento da Condição de Superfície de Segmento Testemunha de Rodovia de Pavimento Flexível ou Semi-Rígido para Gerência de Pavimento em Nível de Rede*”, como o próprio título indica, estabelece o levantamento dos defeitos por amostragem, em superfícies de avaliação (segmento-testemunho). Embora voltada à avaliação de pavimentos rodoviários e contrariando as tendências do SHRP, será avaliada neste trabalho (no intuito de comparação) porque a Prefeitura Municipal de Porto Alegre, que está implantando um sistema de gerência de pavimentos urbanos com financiamento do Banco Mundial, adotou os conceitos da ES-128 em sua norma de avaliação da condição dos pavimentos flexíveis. As propostas de avaliação adotadas em Porto Alegre são encontradas mais detalhadamente nos Anexos C e D.

Inicialmente não havia sido considerada a possibilidade de utilização dos conceitos da ES-128 porque seus pressupostos não se verificam nas seções de pavimentos urbanos. A ES-128 considera que a malha a ser avaliada é dividida em trechos homogêneos e que, de cada trecho homogêneo, uma amostragem de 20% é representativa de todo segmento. Porém, em pavimentos urbanos, com as seções definidas pelas quadras e não pela condição dos pavimentos, ou seja, sem garantia de homogeneidade, avaliar por amostragem pode reduzir consideravelmente a qualidade dos dados coletados, sem representar economia de tempo. Por exemplo, se no trecho testemunho houver a única panela da seção, será entendido que as panelas estão distribuídas por todo o segmento, comprometendo a precisão dos dados e as conseqüentes tomadas de decisão em nível de rede.

4 RESULTADOS

Para facilitar o entendimento, os resultados são apresentados separadamente. Primeiramente são explorados os aspectos gerais das avaliações, tendo como base de dados as 7113 seções que compõe a malha viária de São Carlos. A primeira etapa avalia as variáveis dependentes “tempo de avaliação” “produtividade” “facilidade de obtenção de dados” e “precisão”. É mostrada, também, a situação da malha viária de São Carlos. Em seguida é analisada a reprodutibilidade e a repetibilidade das avaliações, tendo como base de dados 28 réplicas das seções avaliadas. E, por último, faz-se a comparação entre o método de inspeção visual proposto pelo programa SHRP (utilizado em São Carlos) e o método executado em Porto Alegre, baseado na norma DNER - ES 128/83.

4.1 ASPECTOS GERAIS DAS AVALIAÇÕES

Com a avaliação das 7113 seções foi notada uma produtividade média de 25 planilhas (seções) por hora, por avaliador, sendo a avaliação executada por uma pessoa, e por caminhamento. A mesma produtividade foi observada quando a avaliação é feita de dentro de um veículo, com uma ou duas pessoas, mas nesse caso a avaliação fica restrita a bairros cujo tráfego não é intenso, devido a necessidade de observar o pavimento com o veículo em baixa velocidade.

O tempo de avaliação varia bastante, dependendo basicamente da condição da seção a ser avaliada e da experiência do avaliador. De seções com poucos defeitos, baixa severidade e extensão para seções com muitos defeitos, alta severidade e extensão o tempo de avaliação pode triplicar. Outro fator que interfere no tempo de avaliação e, portanto, na produtividade é a prática do avaliador. Nas primeiras avaliações a produtividade era baixa, o tempo de avaliação era alto, quase seis minutos por planilha,

e no final obteve-se um tempo médio de dois minutos e quarenta e cinco segundos. Deve-se destacar que cada avaliador procura sistematizar, à sua maneira, a avaliação, visando otimizar o tempo.

A curiosidade das pessoas também interfere no tempo. Não raramente os avaliadores são questionados por cidadãos que querem saber do que se trata a pesquisa, depois querem dar sua opinião sobre o trabalho e também fazer reclamações sobre a condição do pavimento em frente à sua casa. Há, ainda, os que pensam que a equipe de avaliadores é da prefeitura e fazem reclamações em geral.

A facilidade depende muito da condição do pavimento. Em locais em que as seções não estão muito deterioradas e o tráfego é baixo, é mais fácil e rápida a coleta de dados dentro de um veículo. Não obstante, a qualidade dos dados fica prejudicada, pois defeitos como desgaste e trincas por fadiga com severidade baixa são mais difíceis de serem identificados dentro de um veículo. Pelo modo caminhamento a qualidade é sempre assegurada, justificando um eventual tempo maior de avaliação.

4.2 SITUAÇÃO DA MALHA VIÁRIA DE SÃO CARLOS

Apresenta-se a malha viária de São Carlos, com dados relacionados ao tipo de pavimento, ICP Subjetivo, ICP Calculado, interferência de serviços públicos, autônomos e privados, como por exemplo, o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). Também são mostrados dados referentes às calçadas, drenagem, classe funcional e a porcentagem com que os defeitos são encontrados no pavimento,

Apenas as seções com pavimento flexível foram avaliadas. São 5800 seções com pavimento flexível de um total de 7113 seções. As demais seções são não pavimentadas (NP), ou não são de responsabilidade da Prefeitura Municipal e, portanto, não foram avaliadas, são elas: Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de São Carlos (UfsCar), condomínio residencial ou industrial (CR), estrada estadual (EE), e estrada municipal (EM).

A Tabela 4.1 mostra dados referentes aos valores de ICP subjetivo e calculado e o conceito associado a cada intervalo, o qual varia de muito ruim a muito bom, sendo o muito ruim correspondente a valores de ICP menores que sessenta, o ruim corresponde a valores entre sessenta e setenta, a condição regular está entre setenta e oitenta, o pavimento bom está entre oitenta e noventa e o pavimento em condição muito boa apresenta ICP maior que noventa. Apresentam-se também as estratégias de manutenção e reabilitação (M&R) mais indicadas em cada intervalo de variação dos valores de ICP subjetivo.

Nota-se que 82,2% das seções apresentam valor de ICP subjetivo maior que oitenta, indicando uma boa condição da malha urbana. As seções em condição regular representam 15,0% da malha viária, seguidas de 2,0% em condição ruim e 0,8% em condição muito ruim. Já em relação ao ICP calculado, 89,2% das seções apresentam nota maior que oitenta, 9,7% das seções estão na condição regular, 1,0% está em condição ruim e apenas 0,1% está em condição muito ruim.

A diferença entre o número de seções em cada intervalo de ICP subjetivo e calculado indica a necessidade de se investigar novos intervalos para a ponderação dos defeitos, de modo a aproximar as notas das duas formas de avaliar a condição do pavimento.

Para as seções em condição boa ou muito boa (ICP subjetivo > 80), a estratégia de M&R não fazer nada (NF) foi escolhida em 78,6% das seções com pavimento flexível, que representam 64,4% do total das 7113 seções. Das seções em condição regular, 56,0% tiveram como estratégia de conservação mais indicada a manutenção (MC ou MP). Nas seções em condição ruim, 33,3% tiveram como atividade de M&R mais indicada o reforço estrutural (RF). As seções em condição muito ruim (ICP subjetivo < 60) tiveram a reconstrução (RC) como estratégia de M&R mais indicada em 47,7% das seções (Tab. 4.1). Portanto, para 74,1% das seções houve correspondência entre os intervalos de ICP e as estratégias de M&R a elas associadas.

Com estes resultados pode-se dizer que a malha urbana de São Carlos ainda está num estágio em que a maior parte dos esforços estão na conservação, e, apenas uma pequena parte realmente necessita de reabilitação. Isto é bastante importante, uma vez que

os custos de manutenção (R\$100.000,00/Km) são bem menores que os de reabilitação (R\$250.000,00/Km). Os valores das atividades de M&R supõe uma largura média da via de 8,5m (Lima, J. P., Lopes, S. B., Zanchetta, F., Anelli, R. L. S., Fernandes Jr., J. L.)

Tabela 4.1: Distribuição percentual da condição dos pavimentos e das estratégias de M & R

CONDIÇÃO DO PAVIMENTO		ICP		M & R	
		SUBJETIVO	CALCULADO	ESTRATÉGIA	(%)
ICP $\geq$ 90	Muito Boa	82,2	89,2	NF	64,6
$80 \leq$ ICP < 90	Boa				
$70 \leq$ ICP < 80	Regular	15,0	9,7	MC e MP	8,4
$60 \leq$ ICP < 70	Ruim	2,0	1,0	RF	0,7
ICP < 60	Muito Ruim	0,8	0,1	RC	0,4

A Tabela 4.2 mostra os resultados referentes à intervenção no pavimento por empresas públicas, autônomas ou privadas, tais como de água e esgoto, telefonia, e energia elétrica. O grau de interferência é dado da seguinte maneira:

- baixo – para seções com nível de interferência de até 5% em relação a área total da seção.
- médio – para seções com nível de interferência entre 6 e 10%.
- alto – para seções com mais de 10% de interferência.

O nível de intervenção baixo é o mais comum, correspondendo a 63,35% das seções, seguido das intervenções com grau médio, presentes em 24,05% das seções. Apenas 731 seções, que correspondem a 12,60% das seções, apresentam nível alto de intervenção.

Apenas as seções com nível médio e alto representam garantia de interferência, pois o grau baixo inclui seções que não tiveram nenhuma interferência. A separação entre as seções com baixa intervenção e nenhuma intervenção durante a avaliação resolveria esta incerteza.

Tabela 4.2 – Intervenção no pavimento

Grau de Interferência	%	nº absoluto de seções
Baixo (B)	63,35	3674
Médio (M)	24,05	1395
Alto (A)	12,6	731

As intervenções diminuem a serventia da via e, nem sempre os remendos são realizados da forma correta, deixando o pavimento com pequenas depressões ou saliências, possibilitando o surgimento precoce de outros defeitos. Por fim, será necessário intervir no pavimento antes do previsto em relação ao pavimento sem essas interferências, aumentando os custos para a sociedade.

A Tabela 4.3 apresenta os dados referentes à presença de calçada. A presença (S) ou não (N) de calçada foi verificada no momento da avaliação de campo. Constatou-se que 4437 seções têm calçamento e que 1363 não possuem calçamento.

Tabela 4.3 – Presença de calçada

Calçada	Porcentagens	nº absoluto de seções
N	23,5	1363
S	76,5	4437

Sobre a condição de drenagem das vias públicas de São Carlos, foram observados apenas a presença de bueiros ou problemas muito visíveis. As avaliações não são realizadas sob chuva. Como resultado da avaliação da condição de drenagem das vias urbanas, tem-se que 255 (4,4%) seções apresentam problemas claros de drenagem e 5545 (95,6%) seções não aparentam ter problemas de drenagem, mas o resultado pode ser diferente se avaliações específicas para avaliar a drenagem forem executadas.

Os resultados da observação do volume de tráfego pelos avaliadores mostrou que a maior parte da malha urbana é composta por seções “Locais”, que correspondem a 4237 (73,1%) do total. Já as “Coletoras” são 1475 (25,4%) seções, seguidas de 88 (1,5%) seções cuja classe funcional é “Arterial”.

A seguir é mostrada de forma resumida a condição da malha viária urbana de São Carlos, com dados referentes aos defeitos encontrados. A Tabela 4.4 mostra o número total de seções que apresentam os defeitos considerados nas avaliações e também a quantidade de seções com os defeitos subdivididos por nível de severidade.

A letra “B” indica o nível de severidade baixo e os números na coluna representam a quantidade de seções que apresentam o defeito com o nível de severidade baixo. Da mesma forma, a letra “M” representa o nível de severidade médio e a letra “A” o nível alto de severidade.

Como uma seção pode apresentar o mesmo defeito com mais de um nível de severidade, o número total de seções com um dado defeito será sempre menor ou igual à soma das quantidades parciais por nível de severidade do defeito considerado. Assim, por exemplo, o defeito “panela” está presente em 1843 seções, mas se forem somadas as quantidades por nível de severidade, tem-se $1058+709+518 = 2285$.

Tabela 4.4 – Resumo dos defeitos presentes na malha urbana de São Carlos

Defeitos	Severidade dos Defeitos			Total de seções com o defeito
	B	M	A	
Trinca por fadiga	1780	1321	474	2257
Trinca em bloco	38	19	1	58
Defeito nos bordo	663	334	185	1043
Trinca longitudinal	213	81	30	292
Trinca por reflexão	18	6	3	27
Remendo	3400	2763	557	4548
Panela	1058	709	518	1843
Deformação permanente	449	241	78	699
Corrugação	45	27	223	95
Exsudação	114	52	16	182
Desgaste	5302	3563	1800	5602

B = nível de severidade baixo

M = nível de severidade médio

A = nível de severidade alto

Os defeitos mais presentes são os desgastes (Fig. 4.1) e os remendos, que aparecem em 5602 e 4548 seções, respectivamente. Os defeitos trincas por reflexão e trincas em bloco, presentes em 27 e 58 seções, respectivamente, são os menos frequentes na malha viária de São Carlos. Para todos os defeitos, em média, o nível de severidade mais freqüente é o baixo (50%), enquanto o nível de severidade alto ocorre em aproximadamente 15% das seções (Fig. 4.2).

Figura 4.1 – Desgaste alto em uma das faixas de rolamento

Figura 4.2 - Panelas com severidade alta

A Figura 4.3 mostra um mapa temático gerado pelo SIG-T, onde se destacam os índices de prioridade. Essa potencialidade pode ser utilizada pelos administradores públicos para apresentar e justificar para a sociedade os locais que necessitam de

maiores investimentos. Deve-se destacar que essa maneira de apresentação dos dados é de fácil entendimento por todos.

Figura 4.3 – Mapa temático contendo índices de prioridades de uma amostra de seções

A Figura 4.4 mostra uma seção de um bairro recentemente pavimentado com concreto asfáltico, com alto nível de interferência do SAAE. Há varias seções no bairro com o mesmo problema. A primeira intervenção visível na foto ainda não recebeu a manutenção corretiva (remendo). As demais estão contornadas por uma linha branca para facilitar a visualização dos remendos executados pela prestadora de serviços de água e esgoto.

Figura 4.4 – Excesso de interferência do SAAE em pavimento novo

É necessário que haja maior interação entre a prefeitura e as empresas prestadoras de serviços públicos, evitando-se a deterioração precoce dos pavimentos por falta exclusiva de comunicação e planejamento. A implantação de infra-estrutura básica antes da execução dos serviços de pavimentação, embora óbvia, nem sempre ocorre.

4.3 REPRODUTIBILIDADE E REPETIBILIDADE

São apresentadas as análises de reprodutibilidade e repetibilidade das avaliações realizadas pelo método de inspeção visual baseado no manual de identificação de defeitos do programa *SHRP* (1993).

Segundo a norma *ISO 5725-2/1996*, ensaios realizados com materiais julgados iguais, em circunstâncias consideradas análogas, não fornecem, em geral, os mesmos resultados. A precisão pode ser definida como a proximidade entre resultados de ensaios. Apesar da norma tratar de ensaios laboratoriais, os conceitos podem ser aplicados nas considerações sobre as avaliações de pavimentos.

As avaliações da primeira etapa foram desprezadas. Para essa análise utilizou-se uma amostra de 28 seções, que foram reavaliadas duas vezes por todos os avaliadores. Houve dois dias de intervalo entre uma avaliação e outra, com o objetivo de evitar a mudança da condição da seção, com a execução de um remendo, por exemplo, que poderia mudar completamente a nota entre uma avaliação e outra. Também considerou-se que dois dias fossem suficientes para que as lembranças de uma avaliação não interferissem na seguinte.

Tomou-se o cuidado de haver pelo menos cinco seções em cada intervalo de ICP, condizente com o conceito de muito ruim a muito bom, de modo a não se reavaliar somente seções com graus de deterioração próximos. A finalidade é atribuir ao pavimento um conceito que retrate o nível de deterioração verificado. O valor de ICP e o conceito associado é o apresentado na Tabela 4.1.

A Tabela 4.5 mostra todas as seções que foram escolhidas para serem reavaliadas, com seus respectivos resultados da primeira avaliação, realizada quando

toda malha urbana foi avaliada. A partir dessas avaliações foram escolhidas as seções a serem reavaliadas. A escolha (quantas e quais seções) obedeceu aos critérios facilidade de acesso e tempo disponível para as reavaliações por parte da equipe de avaliadores. Os parâmetros apresentados são:

- o código de identificação de cada seção (ID), que é gerado automaticamente pelo programa de SIG-T;
- nome da rua da seção reavaliada;
- nota de ICP Subjetivo quando da primeira avaliação (utilizada para seleção das seções a serem reavaliadas), separando as seções em grupos de acordo com o intervalo correspondente ao conceito da seção;
- atividade de manutenção e reabilitação prevista (M&R), que pode ser “Não Fazer Nada” (NF), “Manutenção Corretiva” (MC), “Manutenção Preventiva” (MP), “Reforço” (RF) ou “Reconstrução” (RC);
- coluna “A” - situação da seção quanto à aceitabilidade, que pode ser aceitável (S) ou não aceitável (N);
- coluna “SP” - nível de interferência de concessionárias de serviços públicos que, para executar reparos ou implantar benfeitorias, recortam o pavimento e executam manutenção corretiva (remendo), variando entre grau baixo (B), médio (M) e alto (A);
- coluna “C” - mostra a presença (S) ou não (N) de calçamento para pedestres;
- coluna “D” - situação do sistema de drenagem, onde o não (N) representa problema visível de drenagem, ou seja, a não aceitabilidade da condição atual, e o sim (S) não exclui a seção de problemas de drenagem, significando apenas que durante a avaliação não foi observado nenhum problema.

Tabela 4.5 – Resumo dos resultados das seções reavaliadas

ID	Nome da rua	ICP	M&R	A	SP	C	D
Seções com ICP subjetivo menor que 60							
4594	Rua Antonio C. F. de Salles	50	MP	N	M	S	S
4866	Rua Cid Silva Cezar	50	MP	N	B	S	S
6091	Rua Cezar Ricome	50	RC	N	B	S	S
3617	Rua José Missali	55	MC	N	B	S	N
3877	Rua Sebastião F. Caldas	55	MP	S	M	S	S
Seções com ICP subjetivo maior que 60 e menor que 70							
6163	Rua Cons. Soares Brandão	60	RC	N	M	N	N
6166	Rua Cons. Soares Brandão	60	RC	N	M	N	N
6172	Rua Cons. João Alfredo	60	RF	N	A	S	N
5948	Rua Dr. Carlos de C. Salles	65	MC	S	B	S	S
5950	Rua Dr. Carlos de C. Salles	65	MC	S	B	N	S
Seções com ICP subjetivo maior que 70 e menor que 80							
762	Rua São Paulo	75	NF	S	M	S	S
764	Rua São Paulo	75	NF	S	M	S	S
765	Rua São Paulo	75	NF	S	M	S	S
787	Rua São Paulo	75	NF	S	M	S	S
789	Rua São Paulo	75	NF	S	M	S	S
794	Rua São Paulo	75	MP	S	M	S	S
Seções com ICP subjetivo maior que 80 e menor que 90							
6628	Rua 15 de Novembro	85	NF	S	M	S	S
5160	Rua 15 de Novembro	85	NF	S	M	S	N
5161	Rua 15 de Novembro	85	NF	S	M	S	S
5584	Rua 15 de Novembro	85	NF	S	B	S	S
5753	Rua 15 de Novembro	85	NF	S	B	S	S
5760	Rua 15 de Novembro	85	NF	S	B	S	S
5738	Rua 15 de Novembro	85	NF	S	B	S	S
Seções com ICP subjetivo maior que 90							
5733	Rua 15 de Novembro	90	NF	S	B	S	S
5992	Rua 15 de Novembro	90	NF	S	B	S	S
5997	Rua 15 de Novembro	90	NF	S	B	S	S
6626	Rua 15 de Novembro	90	NF	S	B	S	S
5979	Rua 15 de Novembro	95	NF	S	B	S	S

ICP = Índice de Condição do Pavimento (neste caso, foi considerado o valor da avaliação subjetiva)

M&R = Atividade de Manutenção ou Reabilitação Prevista

A = diz se a seção está aceitável (S) ou Não (N)

SP = Serviços Públicos, tais como SAAE, Energia Elétrica, Telefonia etc

C = Presença (S) ou Não (N) de calçamento para pedestres na seção

D = Mostra a condição Aceitável (S) ou Não Aceitável (N) do sistema de drenagem da seção

4.3.1 REPRODUTIBILIDADE

De acordo com a norma *ISO 5725-2/1996*, a reprodutibilidade pode ser compreendida como a variabilidade de ensaios realizados em condições diferentes, em laboratórios diferentes, com diferentes operadores e, ainda, com a utilização de equipamentos diferentes.

Os principais fatores que podem contribuir para a variabilidade dos resultados sob condições de reprodutibilidade são:

- o operador;
- o equipamento utilizado;
- a calibração do equipamento;
- o ambiente, representado por fatores como temperatura, umidade, poluição do ar etc.

No caso das avaliações da condição do pavimento, exceto o operador, os fatores são os mesmos. As seções avaliadas são as mesmas, assim como o material (equipamento) utilizado para a execução da avaliação. A calibração do equipamento pode ser entendida como o treinamento para padronização dos avaliadores. As condições ambientais não causam interferência na avaliação, a menos que uma avaliação seja realizada sob chuva e a outra não, mas isso não ocorreu.

A Tabela 4.6 apresenta as notas de ICP subjetivo da primeira reavaliação, realizada em 02/03/04, com o ID em ordem crescente associado ao número de seções, que será utilizada nas tabelas e figuras seguintes como forma de identificação das seções, estando o ID entre parênteses. Além das notas dos quatro avaliadores, tem-se a média ($\bar{X}$) das notas e o desvio padrão das quatro notas consideradas (S). Nota-se que o maior desvio padrão foi 7,5 e que cinco seções apresentaram desvio padrão nulo. A partir da distribuição de *Student* foi calculado o intervalo de confiança de 95%. A equação para o cálculo do intervalo é:

$$\bar{X} \pm t_{0,975} * \frac{S_{\text{geral}}}{\sqrt{N-1}} \quad (2)$$

onde:

- $\bar{X}$ = média das notas das quatro avaliações realizadas em 02/03/04;
- $t_{0,975}$ = valor tabulado de t para significância de 0,05;

- S geral = desvio padrão geral, considerando-se oito avaliações (dois dias, com quatro avaliadores), utilizando-se a média geral (μ) das mesmas oito avaliações;
- N = grau de liberdade.

Os valores da Tabela 4.6 mostram a capacidade de várias pessoas avaliarem as mesmas seções, interpretarem com os mesmos critérios e apresentarem notas muito próximas. As vinte e oito seções apresentaram notas que ficaram dentro do intervalo de confiança de 95%.

Tabela 4.6 – ICP Subjetivo das avaliações realizadas em 02/03/2004

Seção/ID	Notas dos avaliadores				S	S geral	μ	$\bar{X}$	N	Interv. de conf. 95 %	
	1	2	3	4							
1 (762)	90	90	89	90	0,4	2,8	89,1	89,8	3,0	83,4	96,1
2 (764)	88	85	87	90	1,8	3,1	86,3	87,5	3,0	80,6	94,4
3 (765)	83	80	85	85	2,1	2,0	83,3	83,3	3,0	78,6	87,9
4 (787)	83	85	85	85	0,9	0,7	84,8	84,5	3,0	83,0	86,0
5 (789)	85	85	85	85	0,0	0,7	84,8	85,0	3,0	83,5	86,5
6 (794)	75	85	83	80	3,8	3,4	80,1	80,8	3,0	73,1	88,4
7 (3617)	80	85	85	85	2,2	1,7	84,4	83,8	3,0	80,0	87,5
8 (3877)	80	75	73	65	5,4	6,0	73,5	73,3	3,0	59,8	86,7
9 (4594)	65	65	65	65	0,0	1,7	64,4	65,0	3,0	61,3	68,7
10 (4866)	75	75	75	75	0,0	0,0	75,0	75,0	3,0	75,0	75,0
11 (5160)	65	75	73	80	5,4	4,8	74,5	73,3	3,0	62,4	84,1
12 (5161)	75	85	80	80	3,5	3,1	81,0	80,0	3,0	73,1	86,9
13 (5584)	80	80	80	80	0,0	2,2	81,6	80,0	3,0	75,1	84,9
14 (5733)	90	90	87	90	1,3	1,3	89,3	89,3	3,0	86,3	92,2
15 (5738)	83	80	87	85	2,6	2,8	85,3	83,8	3,0	77,5	90,0
16 (5753)	85	85	87	85	0,9	2,1	86,5	85,5	3,0	80,7	90,3
17 (5760)	80	80	83	85	2,1	2,3	82,9	82,0	3,0	76,8	87,2
18 (5948)	70	70	70	75	2,2	3,5	73,1	71,3	3,0	63,4	79,1
19 (5950)	65	70	70	75	3,5	3,5	71,9	70,0	3,0	62,2	77,8
20 (5979)	98	95	92	95	2,1	1,8	94,6	95,0	3,0	91,0	99,0
21 (5992)	85	90	89	85	2,3	2,2	87,6	87,3	3,0	82,2	92,3
22 (5997)	85	85	87	85	0,9	2,0	86,8	85,5	3,0	80,9	90,1
23 (6091)	50	65	70	65	7,5	6,0	63,8	62,5	3,0	49,0	76,0
24 (6163)	80	75	75	80	2,5	2,4	78,1	77,5	3,0	72,1	82,9
25 (6166)	75	78	75	75	1,3	1,8	76,0	75,8	3,0	71,7	79,8
26 (6172)	60	70	60	70	5,0	4,6	65,6	65,0	3,0	54,6	75,4
27 (6626)	85	85	85	85	0,0	0,0	85,0	85,0	3,0	85,0	85,0
28 (6628)	85	87	87	85	1,0	2,0	85,9	86,0	3,0	81,6	90,4

A Figura 4.5 apresenta o gráfico das notas dos quatro avaliadores, considerando-se o mesmo dia do levantamento dos dados da Tabela 4.6. No gráfico é fácil perceber as diferenças entre um avaliador e outro, e que não há padrão algum. Nenhum dos avaliadores tende a ser mais rigoroso que outro e as notas são próximas em todas as seções. A união dos pontos por uma linha apenas facilita a comparação entre as notas de cada avaliador.

Figura 4.5 - Valores de ICP subjetivo: análise de reprodutibilidade para as avaliações realizadas em 02/03/04

Além da tabela com os valores das avaliações e do intervalo de confiança, tem-se o gráfico com as notas dos avaliadores, seção por seção. Para realizar uma análise comparativa com os valores das notas de cada avaliador, optou-se por calcular a correlação entre todos os avaliadores, com o objetivo de verificar se algum dos avaliadores não se correlaciona com os demais, ou se todos apresentam graus parecidos de entrosamento e, assim, uma conseqüente correlação (r) com valores próximos, tanto para o ICP subjetivo quanto para o ICP calculado.

Para a análise da correlação entre os avaliadores usam-se as Equações 3 e 4, mostradas a seguir:

$$Correl = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_x * \sigma_y}, \quad (3)$$

sendo que:

$$Cov(X,Y) = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (X_i - \mu_x) * (Y_i - \mu_y) \quad (4)$$

onde:

Correl = valor de correlação (r);

X_i = valores das notas de uma das avaliações (avaliação 01);

μ_x = média das avaliações das 28 seções do mesmo dia considerado em X_i ;

Y_i = valores das notas de uma das avaliações (avaliação 02);

μ_y = média das avaliações das 28 seções do mesmo dia considerado em Y_i ;

σ_x = desvio padrão dos valores da avaliação 01;

σ_y = desvio padrão dos valores da avaliação 02;

n = número de termos de cada série, no caso, 28 seções;

$Cov(X,Y)$ = covariância.

A Tabela 4.7 mostra a correlação entre os quatro avaliadores. Na primeira coluna, o valor igual a um representa a correlação entre o avaliador um com o avaliador um (ele próprio) na primeira linha, com o avaliador dois na segunda linha, com o avaliador três na terceira linha e finalmente com o avaliador quatro na última linha. Assim é possível notar quais avaliadores se correlacionam melhor. Todas as correlações obtidas foram altas, o que evidencia a importância da padronização do treinamento dos avaliadores antes da efetiva ida ao campo para o levantamento de defeitos. O maior valor de correlação entre dois avaliadores foi 0,92 e o menor valor foi 0,84.

Tabela 4.7 - Correlação entre notas dos avaliadores

Avaliadores	1	2	3	4
1	1,00	0,88	0,87	0,84
2	0,88	1,00	0,92	0,88
3	0,87	0,92	1,00	0,89
4	0,84	0,88	0,89	1,00

Na Tabela 4.8 são apresentadas as notas de ICP Subjetivo da segunda reavaliação, realizada em 04/03/2004. As seções são identificadas pelo nº da seção. São expostas as notas dos quatro avaliadores, a média das notas ($\bar{X}$) e o desvio padrão (S).

O maior valor de desvio padrão (S) foi 6,5, sendo que quatro seções apresentaram desvio padrão nulo. Assim como na Tabela 4.6, duas seções apresentaram desvio padrão geral (S geral) nulo, ou seja, todos avaliadores atribuíram a mesma nota para a seção nos dois dias de avaliação, caso das seções 04 e 27. De acordo com a distribuição de *Student*, todos os valores das notas encontram-se dentro do intervalo de confiança de 95%.

Tabela 4.8 – ICP Subjetivo das avaliações realizadas em 04/03/2004

Seção	Avaliadores				S	S geral	μ	X	N	Interv. de conf. 95 %	
1	95	87	87	85	3,8	2,8	89,1	88,5	3,0	82,2	94,8
2	90	85	85	80	3,5	3,1	86,3	85,0	3,0	78,1	91,9
3	85	85	83	80	2,0	2,0	83,3	83,3	3,0	78,6	87,9
4	85	85	85	85	0,0	0,7	84,8	85,0	3,0	83,5	86,5
5	85	85	83	85	0,9	0,7	84,8	84,5	3,0	83,0	86,0
6	75	80	83	80	2,9	3,4	80,1	79,5	3,0	71,8	87,2
7	85	85	85	85	0,0	1,7	84,4	85,0	3,0	81,3	88,7
8	80	80	70	65	6,5	6,0	73,5	73,8	3,0	60,3	87,2
9	60	65	65	65	2,2	1,7	64,4	63,8	3,0	60,0	67,5
10	75	75	75	75	0,0	0,0	75,0	75,0	3,0	75,0	75,0
11	70	75	78	80	3,8	4,8	74,5	75,8	3,0	64,9	86,6
12	85	80	83	80	2,1	3,1	81,0	82,0	3,0	75,1	88,9
13	80	85	83	85	2,0	2,2	81,6	83,3	3,0	78,4	88,1
14	90	90	87	90	1,3	1,3	89,3	89,3	3,0	86,3	92,2
15	85	85	87	90	2,0	2,8	85,3	86,8	3,0	80,5	93,0
16	90	85	85	90	2,5	2,1	86,5	87,5	3,0	82,7	92,3
17	85	80	85	85	2,2	2,3	82,9	83,8	3,0	78,5	89,0
18	75	80	70	75	3,5	3,5	73,1	75,0	3,0	67,2	82,8
19	75	75	70	75	2,2	3,5	71,9	73,8	3,0	65,9	81,6
20	95	95	92	95	1,3	1,8	94,6	94,3	3,0	90,2	98,3
21	90	85	87	90	2,1	2,2	87,6	88,0	3,0	83,0	93,0
22	90	85	87	90	2,1	2,0	86,8	88,0	3,0	83,4	92,6
23	60	65	65	70	3,5	6,0	63,8	65,0	3,0	51,5	78,5
24	80	75	80	80	2,2	2,4	78,1	78,8	3,0	73,3	84,2
25	80	75	75	75	2,2	1,8	76,0	76,3	3,0	72,2	80,3
26	65	70	60	70	4,1	4,6	65,6	66,3	3,0	55,8	76,7
27	85	85	85	85	0,0	0,0	85,0	85,0	3,0	85,0	85,0
28	85	85	83	90	2,6	2,0	85,9	85,8	3,0	81,3	90,2

A Figura 4.6 mostra o gráfico com as notas de ICP Subjetivo obtidos no dia 04 de março de 2004, onde pode-se notar que não há padrão ou tendência entre os avaliadores, assim como na avaliação anterior, realizada em 02/03/2004.

Figura 4.6 - Valores de ICP subjetivo: análise de reprodutibilidade para as avaliações realizadas em 04/03/04

Na Tabela 4.9 pode-se observar a correlação entre os quatro avaliadores, de maneira similar ao apresentado na Tabela 4.7. O maior valor de correlação entre dois avaliadores diferentes foi 0,92 e o menor valor foi 0,80.

Tabela 4.9 - Correlação entre notas dos avaliadores				
Avaliadores	1	2	3	4
1	1,00	0,92	0,88	0,80
2	0,92	1,00	0,87	0,83
3	0,88	0,87	1,00	0,90
4	0,80	0,83	0,90	1,00

A Tabela 4.10 apresenta os resultados das avaliações realizadas em 02 de março de 2004, sendo o ICP Calculado o parâmetro observado. Nota-se que o maior desvio

padrão (S) foi 5,8 e o menor valor foi de 0,7. Todas as seções encontraram-se dentro do intervalo estimado.

Tabela 4.10 – ICP Calculado das avaliações realizadas em 02/03/2004

Seção	Notas dos avaliadores				S	S geral	μ	X	N	Interv. de conf. 95 %	
	1	2	3	4							
1	94	90	95	94	1,9	2,2	93,1	93,3	3,0	88,3	98,2
2	93	88	94	95	2,7	3,3	91,1	92,5	3,0	85,1	99,9
3	87	84	90	92	3,0	2,7	88,9	88,3	3,0	82,1	94,4
4	90	90	93	95	2,1	1,8	91,9	92	3,0	88,0	96,0
5	88	90	91	93	1,8	2,4	90,1	90,5	3,0	85,1	95,9
6	74	87	85	89	5,8	4,9	84,3	83,8	3,0	72,7	94,8
7	79	88	89	90	4,4	3,5	87,4	86,5	3,0	78,6	94,4
8	80	78	75	72	3,0	4,2	76,6	76,3	3,0	66,8	85,7
9	70	70	69	79	4,1	3,3	71,8	72	3,0	64,6	79,4
10	80	78	79	79	0,7	0,8	78,9	79	3,0	77,2	80,8
11	73	80	79	84	3,9	5,1	79,9	79	3,0	67,6	90,4
12	74	87	86	90	6,1	5,0	86,0	84,3	3,0	72,9	95,6
13	85	86	85	90	2,1	2,4	86,4	86,5	3,0	81,1	91,9
14	94	92	93	94	0,8	1,0	93,8	93,3	3,0	91,1	95,4
15	86	86	91	90	2,3	2,7	89,3	88,3	3,0	82,1	94,4
16	93	91	92	90	1,1	1,7	91,4	91,5	3,0	87,8	95,2
17	87	85	86	92	2,7	2,8	87,9	87,5	3,0	81,1	93,9
18	80	72	74	85	5,1	5,3	80,6	77,8	3,0	65,9	89,6
19	76	71	77	87	5,8	5,6	79,8	77,8	3,0	65,1	90,4
20	93	96	96	98	1,8	1,5	96,1	95,8	3,0	92,3	99,2
21	88	91	91	88	1,5	2,4	90,8	89,5	3,0	84,0	95,0
22	89	89	92	92	1,5	1,8	91,5	90,5	3,0	86,4	94,6
23	82	69	82	82	5,6	4,2	78,1	78,8	3,0	69,3	88,2
24	86	79	80	89	4,2	3,7	83,1	83,5	3,0	75,3	91,7
25	87	78	83	85	3,3	3,5	82,8	83,3	3,0	75,4	91,1
26	71	72	69	74	1,8	2,1	71,5	71,5	3,0	66,9	76,1
27	87	89	89	92	1,8	2,4	89,9	89,3	3,0	83,9	94,6
28	84	90	91	94	3,6	2,9	89,3	89,8	3,0	83,2	96,3

A Figura 4.7 apresenta um gráfico das notas de ICP calculado dos quatro avaliadores, considerando os mesmos dados da Tabela 4.10 (02 de março de 2004). Nota-se que as diferenças entre um avaliador e outro também não têm padrão algum, repetindo o que ocorreu com as avaliações subjetivas.

Figura 4.7 - Valores de ICP calculado: análise de reprodutibilidade para as avaliações realizadas em 02/03/04

A seguir, na Tabela 4.11, mostra-se a correlação entre os avaliadores. O maior valor encontrado foi de 0,90, entre os avaliadores dois e três. O menor valor foi 0,67, entre os avaliadores um e dois. Pode-se notar que os valores são um pouco inferiores aos valores de correlação obtidos com o ICP subjetivo, o que pode sugerir que as ponderações dos defeitos da planilha de avaliação objetiva devem ser estudadas, e que uma investigação mais profunda deve ser realizada, de modo a determinar o fator mais influente na nota objetiva, com posterior estudo para padronização.

Tabela 4.11 - Correlação entre notas dos avaliadores

Avaliadores	1	2	3	4
1	1,00	0,67	0,81	0,69
2	0,67	1,00	0,90	0,79
3	0,81	0,90	1,00	0,87
4	0,69	0,79	0,87	1,00

Na Tabela 4.12 são apresentados os valores de ICP Calculado para as avaliações realizadas em 04 de março de 2004, também sendo apresentadas a média dos valores das avaliações ($\bar{X}$) e o desvio padrão (S). O maior desvio padrão foi 5,8 e o menor foi 0,8, valores bastante parecidos com os da avaliação anterior, o que indica que a equipe de avaliadores manteve um bom nível de coerência. Todas as seções apresentaram notas que ficaram dentro do intervalo de confiança considerado de 95%.

Tabela 4.12 – ICP Calculado para as avaliações realizadas em 04/03/2004

Seção	Notas dos avaliadores				S	S geral	μ	X	N	Intervalo de confiança com 95 %	
	1	2	3	4							
1	95	89	95	93	2,4	2,2	93,1	93,0	3	88,0	98,0
2	91	85	94	89	3,3	3,3	91,1	89,8	3	82,3	97,2
3	89	87	93	89	2,2	2,7	88,9	89,5	3	83,4	95,6
4	91	90	93	93	1,3	1,8	91,9	91,8	3	87,8	95,7
5	88	86	92	93	2,9	2,4	90,1	89,8	3	84,3	95,2
6	79	84	88	88	3,7	4,9	84,3	84,8	3	73,7	95,8
7	87	86	91	89	1,9	3,5	87,4	88,3	3	80,4	96,1
8	83	79	77	69	5,1	4,2	76,6	77,0	3	67,5	86,5
9	72	72	68	74	2,2	3,3	71,8	71,5	3	64,1	78,9
10	79	78	80	78	0,8	0,8	78,9	78,8	3	77,0	80,5
11	72	79	85	87	5,8	5,1	79,9	80,8	3	69,4	92,1
12	85	85	91	90	2,8	5,0	86,0	87,8	3	76,4	99,1
13	82	86	88	89	2,7	2,4	86,4	86,3	3	80,9	91,6
14	95	93	94	95	0,8	1,0	93,8	94,3	3	92,1	96,4
15	88	87	93	93	2,8	2,7	89,3	90,3	3	84,1	96,4
16	93	88	93	91	2,0	1,7	91,4	91,3	3	87,5	95,0
17	87	84	91	91	2,9	2,8	87,9	88,3	3	81,8	94,7
18	79	86	81	88	3,6	5,3	80,6	83,5	3	71,6	95,4
19	76	81	81	89	4,7	5,6	79,8	81,8	3	69,1	94,4
20	98	96	97	95	1,1	1,5	96,1	96,5	3	93,0	100,0
21	92	88	93	95	2,5	2,4	90,8	92,0	3	86,5	97,5
22	93	90	94	93	1,5	1,8	91,5	92,5	3	88,4	96,6
23	76	76	78	80	1,7	4,2	78,1	77,5	3	68,1	86,9
24	84	81	79	87	3,0	3,7	83,1	82,8	3	74,5	91,0
25	85	77	81	86	3,6	3,5	82,8	82,3	3	74,4	90,1
26	73	71	68	74	2,3	2,1	71,5	71,5	3	66,9	76,1
27	89	87	94	92	2,7	2,4	89,9	90,5	3	85,2	95,8
28	87	87	91	90	1,8	2,9	89,3	88,8	3	82,2	95,3

A Figura 4.8 mostra as notas de ICP calculado das avaliações de 04 de março de 2004. Não houve tendência ou padrão entre as notas dos avaliadores, mas as notas estão bastante próximas.

Figura 4.8 - Valores de ICP calculado: análise de reprodutibilidade para as avaliações realizadas em 04/03/04

A Tabela 4.13 mostra a correlação entre os avaliadores. O maior valor foi de 0,91, entre os avaliadores dois e três. O menor valor observado foi 0,71, entre os avaliadores um e quatro. Esses valores são um pouco superiores aos da avaliação do dia 02 de março de 2004, mas ainda são inferiores aos valores de ICP subjetivo.

Tabela 4.13. Correlação entre notas dos avaliadores

Avaliadores	1	2	3	4
1	1,00	0,86	0,84	0,71
2	0,86	1,00	0,91	0,85
3	0,84	0,91	1,00	0,88
4	0,71	0,85	0,88	1,00

Na Tabela 4.14 são exibidas as atividades de manutenção e reabilitação indicadas (previstas) durante as avaliações realizadas em 02 de março de 2004. As opções foram “Não Fazer Nada” (NF) “Manutenção Corretiva” (MC) “Manutenção Preventiva (MP) “Reforço” (RF) e “Reconstrução” (RC). Além da boa coerência entre os avaliadores, as indicações de M&R são coerentes também com os valores de ICP. Às

vezes um avaliador indica uma manutenção (MC ou MP) e outro avaliador indica NF, isto porque o avaliador que indicou NF pode ter entendido que naquela seção a melhor opção fosse não intervir imediatamente devido à severidade e extensão dos defeitos observados estarem em estado suficientemente avançados, de maneira que a melhor opção seria futuramente executar um reforço estrutural (RF).

Tabela 4.14 – Atividades de M&R previstas nas avaliações de 02/03/2004

Seção	Atividade de M&R prevista			
	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4
1	NF	NF	NF	NF
2	NF	NF	NF	NF
3	MC	MC	MC	MC
4	NF	NF	NF	NF
5	NF	NF	NF	MC
6	MC	MP	NF	MP
7	NF	NF	NF	NF
8	MC	MC	MC	MC
9	MC	MC	MC	MC
10	MC	MC	MC	MC
11	RF	MC	MC	MC
12	MC	MP	NF	MP
13	MC	MP	MP	MP
14	NF	NF	NF	NF
15	MC	MC	MC	MC
16	NF	NF	NF	NF
17	MP	MP	MP	MP
18	NF	MC	MP	MP
19	NF	MC	MP	MP
20	NF	NF	NF	NF
21	MC	MC	MC	MC
22	MP	NF	NF	NF
23	RF	RF	MC	RF
24	MC	MC	MC	MC
25	MC	MC	MP	MC
26	RF	MC	MC	MC
27	MC	NF	NF	MC
28	MC	NF	NF	MP

Na Tabela 4.15 são apontadas as atividades de manutenção e reabilitação indicadas (previstas) durante as avaliações realizadas em 04 de março de 2004. Os resultados mostraram-se tão bons quanto os da avaliação realizada anteriormente, em 02

de março de 2004, ou seja, compatíveis com os valores de ICP e com pequenas diferenças entre os avaliadores.

Tabela 4.15 – Atividades de M&R previstas nas avaliações de 04/03/2004

Seção	Atividade de M&R prevista			
	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4
1	NF	NF	NF	NF
2	NF	NF	NF	NF
3	MC	MC	NF	MC
4	NF	NF	NF	NF
5	NF	NF	NF	NF
6	MC	MP	NF	MP
7	NF	NF	NF	NF
8	MC	MC	MC	MC
9	MC	MC	MC	MC
10	MC	MC	MC	MC
11	MC	MC	MC	MC
12	MC	MP	NF	MC
13	MC	MP	NF	MC
14	NF	NF	NF	NF
15	MC	MC	MC	MC
16	NF	NF	NF	NF
17	MC	MP	MP	MC
18	NF	NF	MP	MP
19	NF	MP	MP	MP
20	NF	NF	NF	NF
21	MC	MC	MC	MC
22	NF	NF	NF	NF
23	RF	RF	RF	RF
24	MC	MC	MC	MC
25	MC	MC	MC	MC
26	RF	MC	MC	MC
27	MC	MP	NF	NF
28	MC	MP	NF	NF

4.3.2 REPETIBILIDADE

Apresentam-se os resultados relacionados à repetibilidade, ou seja, comparação entre duas avaliações das mesmas seções, realizadas em dias diferentes, mas com o mesmo avaliador. As Tabelas 4.16, 4.17, 4.18 e 4.19 mostram o ICP subjetivo, com os valores da Avaliação 1 (dia 02/03/2004), da Avaliação 2 (04/03/2004) e desvio-padrão (S). O ICP calculado refere-se aos mesmos dias e as informações estão dispostas da mesma maneira que as do ICP subjetivo.

A análise estatística está baseada na correlação (r) e no teste t de *Student*. O teste t está associado à gerência de pavimentos em nível de rede, pois analisa médias globais, comparando um grupo de notas que podem representar uma área da cidade. Já a correlação analisa os dados par a par, podendo ser associada com a gerência em nível de projeto, onde as notas de uma mesma seção não podem ser muito diferentes, uma vez que uma eventual manutenção preventiva (MP), por exemplo, será definida a partir das informações especificadas na planilha de avaliação.

As equações utilizadas para calcular a correlação são as Equações 3 e 4. Para o cálculo do valor do escore de t usam-se as seguintes equações:

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\bar{S}(X) * \sqrt{2/n}} \quad (5)$$

sendo que:

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum X_1^2 + \sum X_2^2}{2n - 2}} \quad (6)$$

onde:

t = valor calculado do escore t;

$\bar{X}_1$ = média dos valores das notas da avaliação 01;

$\bar{X}_2$ = média dos valores das notas da avaliação 02;

$\sum X_1^2$ = somatória dos quadrados dos valores das notas da avaliação 01;

$\sum X_2^2$ = somatória dos quadrados dos valores das notas da avaliação 02;

$\bar{S}(X)$ = desvio padrão estimado para cálculo de t;

n = número de termos de cada série, no caso, 28 seções.

Existem algumas equações diferentes para se calcular o valor de t. A forma utilizada neste trabalho (Equação 5) compara médias globais, assumindo como hipótese nula (H_0):

H_0 = a média ($\bar{X}_1$) de uma série (avaliação 01) é igual à média ($\bar{X}_2$) da outra série (Avaliação 2), com nível de confiança de 95% e grau de liberdade de 54 ($2n - 2$).

O teste de hipótese analisa se há diferença significativa entre as duas médias. A veracidade da hipótese nula é analisada a partir da comparação do valor calculado de t com o valor tabulado do escore de t (valor crítico), de acordo com o nível de confiança desejado e o grau de liberdade da amostra.

Na Tabela 4.16 são apresentados os resultados do avaliador 1. O desvio padrão máximo do ICP subjetivo foi 5,0 em três seções, com valor nulo em nove seções, indicando que o avaliador foi coerente nas duas avaliações. A correlação encontrada foi de 0,93, que é bastante alta, evidenciando o efeito do treinamento para padronização realizado. O escore calculado de t foi 0,13, abaixo do limite tabulado, que é 2,0, o que mostra que para fins de gerência em nível de rede as avaliações não apresentam problemas.

O ICP calculado apontou um desvio padrão máximo de 5,5 em uma seção e valor nulo em quatro seções, de acordo com os dois dias de avaliação considerados nesta etapa de análise. Ainda, com os valores da Tabela 4.16, foi obtida a correlação de 0,89 para o ICP calculado, que também é um valor de correlação alto. O escore t, calculado de acordo com a Equação 5, foi 0,06, ficando abaixo do valor tabulado de t (2,000). Esses resultados também confirmam o efeito do treinamento realizado, mesmo com uma correlação um pouco abaixo da encontrada para o ICP subjetivo.

O escore t, tanto para o ICP subjetivo quanto para o calculado, está abaixo do valor tabulado, indicando que é verdadeira a hipótese nula de que as médias das duas

avaliações são iguais com um nível de confiança de 95%, ou ainda, de forma equivalente, com uma significância de 5%.

Tabela 4.16 – Resultados de análise de repetibilidade do avaliador 1

Seção	Avaliador 1					
	ICP Subjetivo			ICP Calculado		
	02/03/2004	04/03/2004	S	02/03/2004	04/03/2004	S
1	90	95	2,5	94	95	0,5
2	88	90	1,0	93	91	1,0
3	83	85	1,0	87	89	1,0
4	83	85	1,0	90	91	0,5
5	85	85	0,0	88	88	0,0
6	75	75	0,0	74	79	2,5
7	80	85	2,5	79	87	4,0
8	80	80	0,0	80	83	1,5
9	65	60	2,5	70	72	1,0
10	75	75	0,0	80	79	0,5
11	65	70	2,5	73	72	0,5
12	75	85	5,0	74	85	5,5
13	80	80	0,0	85	82	1,5
14	90	90	0,0	94	95	0,5
15	83	85	1,0	86	88	1,0
16	85	90	2,5	93	93	0,0
17	80	85	2,5	87	87	0,0
18	70	75	2,5	80	79	0,5
19	65	75	5,0	76	76	0,0
20	98	95	1,5	93	98	2,5
21	85	90	2,5	88	92	2,0
22	85	90	2,5	89	93	2,0
23	50	60	5,0	82	76	3,0
24	80	80	0,0	86	84	1,0
25	75	80	2,5	87	85	1,0
26	60	65	2,5	71	73	1,0
27	85	85	0,0	87	89	1,0
28	85	85	0,0	84	87	1,5

Nas Figuras 4.9 e 4.10 tem-se o diagrama de dispersão do avaliador 1, comparando os pares de notas das avaliações 1 e 2, tanto do ICP subjetivo (Figura 4.9) quanto do ICP calculado (Figura 4.10). É mostrada, também, a curva de tendência passando pela origem. Pode-se notar que as notas de ICP subjetivo possuem uma

amplitude maior. Ambas figuras apresentam dados que não comprometem o avaliador um. Não há seções com notas significativamente diferentes, sendo baixa a dispersão.

Figura 4.9 - Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 1, valores de ICP subjetivo

Figura 4.10 - Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 1, valores de ICP calculado

A seguir são mostradas comparações entre as notas de ICP subjetivo (Figura 4.11) e calculado (Figura 4.12) para o avaliador 1. Em apenas duas seções a avaliação 01 apresenta valores maiores do que na avaliação 02, que, por sua vez, superou as notas da avaliação 01 em dezessete seções. Já o ICP calculado é maior na avaliação 01 em

oito seções e dezesseis vezes na avaliação 02, mas com desvio padrão baixo, como já visto anteriormente na Tabela 4.21.

Figura 4.11 – Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 1: ICP subjetivo

Figura 4.12 - Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 1: ICP calculado

A Tabela 4.17 apresenta os resultados de repetibilidade do avaliador 2. Nota-se que o desvio padrão máximo do ICP subjetivo foi 5,0 em uma seção, com valor nulo em dezesseis seções, mostrando o efeito do treinamento. O ICP calculado apontou um desvio padrão máximo de 7,0 em uma seção e valor nulo em quatro seções. Ambos ICPs mostraram correlação igual a 0,85 e escore t igual a 0,02. O valor da correlação é alto e o escore t está abaixo do valor crítico (2,000), comprovando a hipótese (Ho) de igualdade entre as médias com 95% de confiança.

Tabela 4.17 – Resultados de análise de repetibilidade do avaliador 2

Seção	Avaliador 2					
	ICP Subjetivo			ICP Calculado		
	02/03/2004	04/03/2004	S	02/03/2004	04/03/2004	S
1	90	87	1,5	90	89	0,5
2	85	85	0,0	88	85	1,5
3	80	85	2,5	84	87	1,5
4	85	85	0,0	90	90	0,0
5	85	85	0,0	90	86	2,0
6	85	80	2,5	87	84	1,5
7	85	85	0,0	88	86	1,0
8	75	80	2,5	78	79	0,5
9	65	65	0,0	70	72	1,0
10	75	75	0,0	78	78	0,0
11	75	75	0,0	80	79	0,5
12	85	80	2,5	87	85	1,0
13	80	85	2,5	86	86	0,0
14	90	90	0,0	92	93	0,5
15	80	85	2,5	86	87	0,5
16	85	85	0,0	91	88	1,5
17	80	80	0,0	85	84	0,5
18	70	80	5,0	72	86	7,0
19	70	75	2,5	71	81	5,0
20	95	95	0,0	96	96	0,0
21	90	85	2,5	91	88	1,5
22	85	85	0,0	89	90	0,5
23	65	65	0,0	69	76	3,5
24	75	75	0,0	79	81	1,0
25	78	75	1,5	78	77	0,5
26	70	70	0,0	72	71	0,5
27	85	85	0,0	89	87	1,0
28	87	85	1,0	90	87	1,5

Nas Figuras 4.13 e 4.14 mostra-se a dispersão do avaliador 02, comparando as notas das avaliações 01 e 02, seção por seção, tanto do ICP subjetivo (Figura 4.13) quanto do ICP calculado (Figura 4.14). Apresenta-se, também, a curva de tendência passando pela origem. Não houve caso de seções com notas muito distantes. O ICP subjetivo mostrou-se bem constante, próximo da curva de tendência, assim como o ICP calculado, o que para um SGPU em nível de projeto é essencial.

Figura 4.13 – Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 2, com valores de ICP subjetivo

Figura 4.14 – Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 2, valores de ICP calculado

As notas das avaliações 01 e 02 de ICP subjetivo e calculado do avaliador 2 são mostradas nas Figuras 4.15 e 4.16, respectivamente. Pode-se notar que não há tendência de rigorosidade em um dia ou outro, ou seja, as notas de um dia de avaliação, seção a seção, não são todas superiores às do outro dia de avaliação, considerando-se tanto o ICP subjetivo quanto o ICP calculado. Houve cinco seções em que o ICP subjetivo apresentou notas superiores quando da avaliação 01 e em seis seções as notas da avaliação 02 foram superiores. Para o ICP calculado, das 28 seções analisadas, em quatorze seções a nota da avaliação 01 é maior e em nove seções a nota da avaliação 02 é maior.

—◆— Avaliação 01 (02/03/2004) - -■- - Avaliação 02 (04/03/2004)
Figura 4.15 – Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 2: ICP subjetivo

- -■- - Avaliação 01 (02/03/2004) —■— Avaliação 02 (04/03/2004)
Figura 4.16 – Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 2: ICP calculado

A Tabela 4.18 apresenta os resultados de repetibilidade do avaliador 3. O desvio padrão máximo do ICP subjetivo foi 2,5 em três seções, com valor nulo em quatorze seções. O ICP calculado apontou um desvio padrão máximo de 3,5 em uma seção e valor nulo em quatro seções. As correlações encontradas foram as mais altas entre os quatro avaliadores, 0,96 para ICP subjetivo e 0,95 para ICP calculado. Os valores do escore t 0,01 para o ICP subjetivo e 0,07 para o ICP calculado estão abaixo do valor crítico, mais uma vez comprovando a hipótese (H_0) de igualdade entre as médias com 95% de confiança.

Tabela 4.18 – Resultados de análise de repetibilidade do avaliador 3

AVALIADOR 3						
Seção	-----ICP SUBJETIVO-----			-----ICP CALCULADO-----		
	02/03/2004	04/03/2004	S	02/03/2004	04/03/2004	S
1	89	87	1,0	95	95	0,0
2	87	85	1,0	94	94	0,0
3	85	83	1,0	90	93	1,5
4	85	85	0,0	93	93	0,0
5	85	83	1,0	91	92	0,5
6	83	83	0,0	85	88	1,5
7	85	85	0,0	89	91	1,0
8	73	70	1,5	75	77	1,0
9	65	65	0,0	69	68	0,5
10	75	75	0,0	79	80	0,5
11	73	78	2,5	79	85	3,0
12	80	83	1,5	86	91	2,5
13	80	83	1,5	85	88	1,5
14	87	87	0,0	93	94	0,5
15	87	87	0,0	91	93	1,0
16	87	85	1,0	92	93	0,5
17	83	85	1,0	86	91	2,5
18	70	70	0,0	74	81	3,5
19	70	70	0,0	77	81	2,0
20	92	92	0,0	96	97	0,5
21	89	87	1,0	91	93	1,0
22	87	87	0,0	92	94	1,0
23	70	65	2,5	82	78	2,0
24	75	80	2,5	80	79	0,5
25	75	75	0,0	83	81	1,0
26	60	60	0,0	69	68	0,5
27	85	85	0,0	89	94	2,5
28	87	83	2,0	91	91	0,0

As Figuras 4.17 e 4.18 mostram a dispersão das notas do avaliador 3 e a curva de tendência. Tanto o ICP subjetivo quanto o calculado apresentaram pares de notas, em

cada seção avaliada, bem próximos, atendendo aos requisitos para que uma avaliação sirva de referência para um SGPU em nível de projeto.

Figura 4.17 – Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 3, valores de ICP subjetivo

Figura 4.18 - Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 3, valores de ICP calculado

As notas de ICP subjetivo e calculado do avaliador 4 são mostradas nas Figuras 4.19 e 4.20, respectivamente. Houve nove seções em que as notas do ICP subjetivo

foram superiores na avaliação 01 e cinco seções em que as notas da avaliação 02 foram superiores, não mostrando nenhuma tendência. Para o ICP calculado, em cinco seções a nota da avaliação 01 apresentou-se maior e em dezenove seções a nota da avaliação 02 foi superior. Pode-se dizer que o avaliador 3 apresentou uma leve tendência de calcular notas maiores na avaliação 02 para o ICP calculado, mas, como observa-se na Figura 4.19, as notas são próximas, de modo a não comprometer a avaliação.

As notas das seções utilizadas para avaliar a repetibilidade do avaliador 4 são mostradas na Tabela 4.19. O desvio padrão máximo do ICP subjetivo foi 5,0 em uma seção, com valor nulo em dezoito seções. O ICP calculado apontou um desvio padrão máximo de 5,0 em uma seção e valor nulo em quatro seções. As correlações encontradas foram 0,91 para o ICP subjetivo e 0,92 para o ICP calculado. O valor calculado do escore do teste t de 0,02 para os dois ICPs (subjetivo e calculado) está abaixo do valor crítico tabulado, indicando que as médias globais são iguais para uma significância de 5%. Esses resultados representam uma repetibilidade elevada das avaliações do pavimento baseadas na inspeção visual dos defeitos.

Tabela 4.19 – Resultados de repetibilidade do avaliador 04

AVALIADOR 4						
Seção	-----ICP SUBJETIVO-----			-----ICP CALCULADO-----		
	02/03/2004	04/03/2004	S	02/03/2004	04/03/2004	S
1	90	85	2,5	94	93	0,7
2	90	80	5,0	95	89	4,2
3	85	80	2,5	92	89	2,1
4	85	85	0,0	95	93	1,4
5	85	85	0,0	93	93	0,0
6	80	80	0,0	89	88	0,7
7	85	85	0,0	90	89	0,7
8	65	65	0,0	72	69	2,1
9	65	65	0,0	79	74	3,5
10	75	75	0,0	79	78	0,7
11	80	80	0,0	84	87	2,1
12	80	80	0,0	90	90	0,0
13	80	85	2,5	90	89	0,7
14	90	90	0,0	94	95	0,7
15	85	90	2,5	90	93	2,1
16	85	90	2,5	90	91	0,7
17	85	85	0,0	92	91	0,7
18	75	75	0,0	85	88	2,1
19	75	75	0,0	87	89	1,4
20	95	95	0,0	98	95	2,1
21	85	90	2,5	88	95	5,0
22	85	90	2,5	92	93	0,7
23	65	70	2,5	82	80	1,4
24	80	80	0,0	89	87	1,4
25	75	75	0,0	85	86	0,7
26	70	70	0,0	74	74	0,0
27	85	85	0,0	92	92	0,0
28	85	90	2,5	94	90	2,8

Nas Figuras 4.21 e 4.22 observa-se a baixa dispersão das notas do avaliador 4, tanto de ICP subjetivo quanto de ICP calculado. Ratificando a importância do treinamento de padronização antes da efetiva ida ao campo para a realização das avaliações, tem-se nas Figuras 4.23 e 4.24 a sobreposição dos valores de ICP subjetivo e calculado do avaliador 4, notando-se o alto grau de equidade e a ausência de tendência no rigor entre as avaliações 01 e 02.

Figura 4.21 – Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 4, valores de ICP subjetivo

Figura 4.22 – Gráfico de dispersão para análise de repetibilidade: avaliador 4, valores de ICP calculado

Figura 4.23 – Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 4: ICP subjetivo

Figura 4.24 – Comparação das notas para análise de repetibilidade do avaliador 4: ICP calculado

4.4 AVALIAÇÃO POR AMOSTRAGEM

São apresentados os resultados da comparação do método SHRP e a avaliação baseada na norma DNER ES 128/83 (adotado pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre). As seções utilizadas para esta análise são as mesmas empregadas no item anterior, para verificação da reprodutibilidade e repetibilidade. As avaliações foram realizadas pelo avaliador 1.

Na avaliação baseada na norma DNER ES 128/83 as avaliações são realizadas por amostragem, sendo que, para cada 60 m de seção, avalia-se uma extensão de 10 m, considerados representativos. Na Tabela 4.20 são mostrados os resultados desta avaliação, com o número de amostras por seção determinado a partir do comprimento da mesma. Somente uma seção necessitou de três amostras, para as demais duas amostras foram suficientes.

O tempo de avaliação de cada amostra é indicado ao lado dos valores de ICP subjetivo, seguido de sua média aritmética, das notas de ICP calculado para cada amostra e sua respectiva média e, por último, é incluída a atividade de manutenção e reabilitação (M&R) indicada em cada amostra, além do tempo total de avaliação da seção.

Na Tabela 4.20 pode-se notar um dos problemas da avaliação por amostragem, que é a diferença de notas entre uma amostra e outra, como na seção 8, por exemplo, em que a primeira amostra recebeu nota 65 de ICP subjetivo e a segunda nota foi 90 (25 pontos de diferença). Na seção 13, a primeira amostra teve nota 95 e a segunda nota 70 (25 pontos de diferença), também de ICP subjetivo. O ICP calculado registrou diferenças de 15 e 10 pontos para as seções 8 e 13, respectivamente.

Ainda que as médias sejam razoáveis, este método depende muito da sorte de se encontrar nas amostras a situação geral da seção, o que não é garantido e pode comprometer a qualidade da avaliação. O resultado pode ser uma seção com algumas painelas concentradas e que não estão contidas nas amostras, elevando a nota de uma

seção ruim, ou, ao contrário, o único defeito da seção estar na amostra e, então, ficar entendido que toda a seção apresenta aquele defeito.

Tabela 4.20 - Avaliações baseadas na Norma DNER ES 128

Seção	Avaliador 1												Tempo total de avaliação (s)
	ICP (Subjetivo)							ICP (Calculado)				M&R	
	1ª aval.	tempo	2ª aval.	tempo	3ª aval.	tempo	média	1ª aval	2ª aval.	3ª aval	média		
1	95	01:30	95	02:00	X	X	95,00	96	97	X	96,50	NF/NF	3:30
2	95	01:25	95	02:45	X	X	95,00	94	94	X	94,00	NF/NF	4:10
3	95	01:15	80	05:30	X	X	87,50	97	88	X	92,50	NF/MC	6:45
4	90	01:10	90	02:35	X	X	90,00	95	94	X	94,50	NF/MC	3:45
5	90	01:40	95	02:10	X	X	92,50	94	97	X	95,50	NF/NF	3:50
6	90	01:15	80	06:10	X	X	85,00	94	89	X	91,50	NF/NF	7:25
7	75	01:30	80	04:49	X	X	77,50	82	85	X	83,50	MP/MP	6:19
8	65	02:05	90	05:13	X	X	77,50	79	94	X	86,50	MP/NF	7:18
9	75	02:45	75	04:00	X	X	75,00	82	81	X	81,50	MC/MP	6:45
10	65	03:54	75	03:44	X	X	70,00	77	81	X	79,00	MC/MC	7:38
11	75	04:40	80	05:34	X	X	77,50	83	88	X	85,50	MC/MC	10:14
12	90	04:27	90	02:27	X	X	90,00	93	93	X	93,00	NF/NF	6:54
13	95	01:07	70	05:15	X	X	82,50	98	88	X	93,00	NF/MC	6:22
14	95	01:00	90	03:50	X	X	92,50	96	91	X	93,50	NF/NF	4:50
15	80	05:40	95	02:30	X	X	87,50	84	96	X	90,00	MC/NF	8:10

Tabela 4.20 - Avaliações baseadas na Norma DNER ES 128 (Continuação)

Avaliador 1													
Seção	ICP (Subjetivo)							ICP (Calculado)				M&R	Tempo total de avaliação (s)
	1ª aval.	tempo	2ª aval.	tempo	3ª aval.	tempo	média	1ª aval.	2ª aval.	3ª aval.	média		
16	90	02:05	95	02:20	X	X	92,50	90	96	X	93,00	NF/NF	4:25
17	95	01:03	95	02:10	X	X	95,00	97	97	X	97,00	NF/NF	3:13
18	75	04:05	75	04:55	X	X	75,00	82	85	X	83,50	NF/NF	9:00
19	80	04:12	65	04:45	X	X	72,50	83	83	X	83,00	NF/NF	8:57
20	95	00:50	95	02:00	X	X	95,00	98	98	X	98,00	NF/NF	2:50
21	95	02:30	90	03:45	X	X	92,50	94	93	X	93,50	NF/NF	6:15
22	90	02:50	90	04:30	X	X	90,00	93	91	X	92,00	NF/NF	7:20
23	60	00:59	60	03:45	X	X	60,00	82	82	X	82,00	RF/RF	4:44
24	75	04:26	75	04:10	90	02:00	80,00	89	87	93	89,67	NF/MC/NF	10:36
25	70	07:24	80	04:00	X	X	75,00	77	91	X	84,00	RF/NF	11:24
26	95	01:17	85	02:15	X	X	90,00	99	91	X	95,00	NF/NF	3:32
27	90	01:18	95	03:05	X	X	92,50	96	96	X	96,00	NF/NF	4:23
28	90	02:30	90	05:37	X	X	90,00	92	93	X	92,50	NF/NF	8:07
Avaliações baseadas na norma DNER ES128/83 (12/03/2004 a 15/03/2004)											Tempo médio de avaliação = 6:22		

Para a comparação entre os dois métodos será utilizada a média dos valores de ICP subjetivo e calculado, que será considerada a nota final da seção avaliada pela metodologia da ES 128/83, conforme apresentado na Tabela 4.20. Os dados do avaliador 1 são os mesmos da avaliação 01 de repetibilidade, contidos na Tabela 4.16, no que diz respeito ao método SHRP.

Foram calculados o desvio padrão das notas de ICP subjetivo e calculado, a correlação, que analisa as notas par a par, e o escore do teste t, para avaliar as médias globais. Para complementar a comparação, foi adicionado o tempo de avaliação de ambos os métodos.

O desvio-padrão máximo foi 15,0 e apenas duas seções apresentaram desvio-padrão nulo para o ICP subjetivo. Para o ICP calculado, obteve-se como máximo desvio padrão o valor 12,0 e duas seções apresentaram valor nulo, indicando a alta dispersão em algumas seções e a falta de paridade no geral.

A correlação do ICP subjetivo foi de 0,76 e a do ICP calculado foi 0,55, que são valores mais baixos do que os encontrados nas análises de reprodutibilidade e repetibilidade, principalmente para o ICP calculado. Já no teste t, o escore de 0,28 e 0,27 para os ICPs subjetivo e calculado estão abaixo do valor crítico tabulado (2,000). Isto indica que as médias globais não apresentaram diferenças significativas, mas com dispersão alta em algumas seções. A seção 26, por exemplo, chegou a 30 pontos de diferença no ICP subjetivo e 24 pontos no ICP calculado.

O tempo de avaliação mostrou-se mais de duas vezes maior na avaliação realizada pela metodologia adotada em Porto Alegre (DNER ES 128/83). A média do método SHRP foi de 2min 48s, enquanto que a média de tempo de avaliação baseada na norma do DNER foi de 6min22s.

Como o avaliador 1 apresentou bons resultados de reprodutibilidade e repetibilidade, pode-se dizer que as diferenças de notas nas avaliações são devidas ao método empregado e não ao avaliador.

Tabela 4.21 - Avaliações baseadas nos métodos SHRP e DNER ES 128/83

Avaliador 1								
Seção	ICP subjetivo			ICP calculado			Tempo	
	SHRP	DNER	S	SHRP	DNER	S	SHRP	DNER
1	90	95,0	2,5	94	96,5	1,3	1:35	3:30
2	88	95,0	3,5	93	94,0	0,5	2:05	4:10
3	83	87,5	2,3	87	92,5	2,8	3:15	6:45
4	83	90,0	3,5	90	94,5	2,3	3:45	3:45
5	85	92,5	3,8	88	95,5	3,8	2:10	3:50
6	75	85,0	5,0	74	91,5	8,8	3:10	7:25
7	80	77,5	1,3	79	83,5	2,3	4:20	6:19
8	80	77,5	1,3	80	86,5	3,3	3:40	7:18
9	65	75,0	5,0	70	81,5	5,8	3:20	6:45
10	75	70,0	2,5	80	79,0	0,5	2:50	7:38
11	65	77,5	6,3	73	85,5	6,3	2:50	10:14
12	75	90,0	7,5	74	93,0	9,5	2:40	6:54
13	80	82,5	1,3	85	93,0	4,0	3:10	6:22
14	90	92,5	1,3	94	93,5	0,3	2:00	4:50
15	83	87,5	2,3	86	90,0	2,0	3:10	8:10
16	85	92,5	3,8	93	93,0	0,0	1:30	4:25
17	80	95,0	7,5	87	97,0	5,0	2:20	3:13
18	70	75,0	2,5	80	83,5	1,8	3:15	9:00
19	65	72,5	3,8	76	83,0	3,5	4:05	8:57
20	98	95,0	1,5	93	98,0	2,5	1:40	2:50
21	85	92,5	3,8	88	93,5	2,8	3:15	6:15
22	85	90,0	2,5	89	92,0	1,5	2:05	7:20
23	50	60,0	5,0	82	82,0	0,0	2:00	4:44
24	80	80,0	0,0	86	89,6	1,8	3:20	10:36
25	75	75,0	0,0	87	84,0	1,5	3:40	11:24
26	60	90,0	15,0	71	95,0	12,0	2:58	3:32
27	85	92,5	3,8	87	96,0	4,5	2:20	4:23
28	85	90,0	2,5	84	92,5	4,3	2:10	8:07
Tempo médio de avaliação							02:48	6:22

Nas Figuras 4.25 e 4.26 pode-se notar, visualmente, a dispersão entre as notas de ICP subjetivo e calculado. As notas de ICP subjetivo mostraram-se um pouco mais dispersas do que as notas de ICP calculado. Talvez isto se deva ao fato de que as notas de ICP calculado são, em geral, maiores e, como o valor máximo é o mesmo para qualquer ICP, fica diminuída a amplitude das notas e, por consequência, a dispersão. São diferenças significativas entre os métodos e podem prejudicar a tomada de decisão de um SGPU.

Figura 4.25 – Gráfico de dispersão para análise comparativa entre os métodos SHRP e DNER ES 128/83: ICP subjetivo

Figura 4.26 – Gráfico de dispersão para análise comparativa entre os métodos SHRP e DNER ES 128/83: ICP calculado

Nas Figuras 4.27 e 4.28 tem-se uma comparação direta das notas de ICP subjetivo e calculado. Além de ser mais uma forma de comparar as notas, fica claro que o método SHRP de avaliação resultou em notas menores, tanto para o ICP subjetivo quanto para o calculado.

Pode-se notar também que, em algumas seções, as notas foram próximas, mas com grande diferença em outras seções, como já apontado anteriormente, revelando algumas incompatibilidades de aplicação, em SGPU, da avaliação executada com o método baseado na norma para pavimentos rodoviários do DNER (ES 128/83).

Figura 4.27 Distribuição das notas de ICP subjetivo para análise comparativa entre os métodos SHRP e DNER ES 128/83

Figura 4.28 Distribuição das notas de ICP calculado para análise comparativa entre os métodos SHRP e DNER ES 128/83

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

É importante que se difunda a gerência de pavimentos no âmbito dos administradores públicos principalmente prefeituras municipais, evidenciando-se as vantagens da adoção e uso continuado de um sistema de gerência de pavimentos, pois os recursos públicos, quase sempre inferiores às necessidades, devem ser alocados de forma eficiente e racional, de acordo com critérios discutidos e entendidos pelos responsáveis. Ou seja, os planos de investimentos municipais devem incluir a melhoria viária, de acordo com a melhor estratégia para servir à população, e não atender somente aos casos de reparo urgente, que é o mais comum na maioria das cidades brasileiras.

Deve-se priorizar as atividades de manutenção corretiva e preventiva, com vantagens no médio e longo prazos, de maneira a aumentar a vida útil do pavimento, uma vez que os custos de reforço estrutural e reconstrução são bem mais elevados (praticamente o dobro) do que os de manutenção. Para as patologias do pavimento, assim como na medicina, vale a máxima “é melhor prevenir do que remediar”.

É necessário, também, haver mudanças para que as infra-estruturas básicas, tais como redes de água e esgoto e galerias de águas pluviais sejam implantadas antes da execução dos serviços de pavimentação asfáltica. Evita-se, assim, o excesso de remendos desnecessários em ruas recém pavimentadas, que acarretam deficiência na condição de rolamento oferecida pelo pavimento e geram gastos de manutenção e reabilitação antes do tempo previsto.

A avaliação da condição da superfície do pavimento representa uma etapa inicial e muito importante para o processo de implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos, pois, a partir de suas informações decisões serão tomadas, de modo que diferenças nos critérios de avaliação, ou seja, falta de padronização entre os avaliadores, podem prejudicar todo o restante do sistema de gerência.

Considerando-se os fatores tempo de avaliação, produtividade, facilidade de obtenção dos dados e precisão, a forma de coletar dados da condição de pavimentos urbanos mais indicada, principalmente quando da implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos, é por caminhamento, pois proporciona ao avaliador a condição ideal de observação dos defeitos, sem perda expressiva de tempo e com qualidade assegurada em comparação à avaliação dentro de veículo a baixa velocidade. Se o tráfego local permitir, após a elaboração de um inventário completo e preciso, é possível realizar avaliações programadas para aferição rotineira da condição do pavimento dentro de veículo a baixa velocidade, para que defeitos mais visíveis (como panelas) sejam combatidos no estágio inicial.

Apesar do principal fator que influencia o tempo de avaliação ser a quantidade de defeitos presentes na seção avaliada, para a implantação de um SGP, um bom planejamento e a existência de um banco de dados de inventário atualizado são indispensáveis, mesmo antes de ser iniciado o processo de avaliação da condição da malha viária, caso contrário o ritmo das avaliações é prejudicado e o controle das seções a serem avaliadas e das já avaliadas fica mais difícil. Além disso, é importante haver treinamento da equipe de avaliadores, de modo a padronizar os critérios adotados nas avaliações, garantindo a reprodutibilidade das avaliações.

Deve-se destacar que o levantamento de defeitos no campo também serve para a escolha da atividade de manutenção e reabilitação dos pavimentos (gerência em nível de rede), em função da extensão e severidade dos defeitos que são registradas nas planilhas de levantamento de campo de cada seção da malha viária. Apenas no caso de necessidade de dimensionamento de reforço ou de um pavimento novo (reconstrução) há a necessidade de investigações complementares, na forma de avaliação estrutural não destrutiva, com viga Benkelman ou FWD (*Falling Weight Deflectometer*), e com coleta de amostras para ensaios laboratoriais.

O SIG-T mostrou-se bastante ágil, tanto para geração das planilhas de avaliação e mapas setorizados, quanto para atualização e visualização dos dados. Mas não se deve usá-lo somente como um banco de dados e sim para transformar esses dados em informações, processando-os, executando análises e realizando simulações. Quanto mais informações estiverem disponíveis, mais fácil é prever a condição futura e maiores são as chances de acerto nas decisões tomadas.

Com a análise da reprodutibilidade e da repetibilidade ficou clara a importância da realização de um forte trabalho de padronização da equipe de avaliadores, para os critérios de avaliação serem igualmente compreendidos por todos. Esse esforço foi compensado por avaliações que apresentaram altas correlações, ficaram dentro do intervalo de confiança de 95%, não apresentaram nenhum viés no geral.

Com baixa dispersão e valores das notas muito próximos, os preceitos para uma boa avaliação em nível de rede ou de projeto são confirmados. Como o objetivo das avaliações é transmitir, de forma resumida e precisa, a condição do pavimento para que decisões sejam tomadas, pode-se dizer que uma equipe bem treinada pode fornecer dados que satisfazem às exigências da gerência de pavimentos, principalmente quando da alocação de recursos, ou seja, em nível de rede.

Os resultados mostraram que, nas 28 seções reavaliadas, o tempo de avaliação segundo a sistemática do DNER ES 128/83 é quase duas vezes e meia maior. Por haver, em geral, duas planilhas ou mais para avaliar uma única seção, critérios adicionais para a definição do ICP da seção são necessários. Finalmente, a avaliação em maior detalhe, preconizada pelo método do DNER, mas considerando-se apenas uma parcela da seção, não resulta em qualidade superior de levantamento em relação à avaliação de toda a seção, ainda que esta última seja baseada apenas em uma estimativa percentual das extensões correspondentes a cada um dos defeitos e respectivos níveis de severidade encontrados. Há também o problema da segurança, pois o avaliador obrigatoriamente deve estar dentro da via para medir os defeitos pelo método DNER, ficando sujeito a atropelamento, enquanto que pela metodologia SHRP basta um caminamento pela calçada para se avaliar a seção.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como mostram os resultados desse trabalho, os valores de ICP subjetivo foram mais elevados do que os valores de ICP calculado, para as mesmas seções. É preciso estudar novos intervalos para os pontos dedutíveis de cada defeito, objetivando ajustar os índices de condição dos pavimentos.

O uso de um equipamento eletrônico para a coleta de dados, como um “*palm top*” por exemplo, pode representar uma evolução na forma de coleta dos dados no campo, agilizando a aquisição de dados, e também na fase de transferência de dados para o SIG-T.

Os testes de reprodutibilidade e repetibilidade devem ser realizados com um número maior de amostras, tanto seções avaliadas quanto avaliadores. Neste trabalho os avaliadores eram alunos de pós-graduação que já haviam cursado a disciplina de gerência de pavimentos e estavam, portanto, bem familiarizados com o assunto. Uma possibilidade futura de pesquisa seria avaliar a reprodutibilidade e a repetibilidade com pessoas menos familiarizadas com o assunto e testar a influência deste fator na qualidade final dos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Abdul Wahhab et al. (2002). Development of Pavement Management System for Municipality Roads, Saudi Arabia. *Transportation Research Record 2978*. TRB. National Research Council. Washington, D.C.

Amekudzi, A. A.; Attoh-Okine, N. O. (1997). Institutional Issues in Implementation of Pavement Management Systems by Local Agencies. *Transportation Research Record 1524*. TRB. National Research Council. Washington, D.C.

Bertollo, S. Ap. M. (1997). *Considerações Sobre a Gerência de Pavimentos Urbanos em Nível de Rede*. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.

Carey, W. N.; Irick, P. E. (1960). The Pavement Serviceability. Performance Concept. *Highway Research Board Bulletin 250*, p.40-58.

Cline, G. D.; Shahin, M. Y.; Burkhalter, J. A. (2003). Automated Data Collection for Pavement Condition Index Survey. TRB Annual Meeting.

Cottrell, W. D.; Lee, H.; Nepstad, J.; Crandall, M. (1997). Efforts Toward Developing a Regional Pavement Management System in Utah. *Transportation Research Record 1524*. TRB. National Research Council. Washington, D.C.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - ES 128/83 (1983), “Levantamento da Condição de Superfície de Segmento Testemunha de Rodovia de Pavimento Flexível ou Semi-Rígido para Gerência de Pavimento em Nível de Rede”.

Fernandes Júnior, J. L. (2001). *Sistemas de Gerencia de Pavimentos Urbanos para Cidades de Médio Porte*. Texto de Livre-Docência. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.

Haas, R.; Hudson, R. W.; Zaniewsk, J. (1994). *Modern Pavement Management*. Editora Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.

Holt, F. B.; Gramling, W. L, editors. (1992). *Pavement Management Implementation*. American Society for Testing and Material (ASTM), Philadelphia, PA.

ISO 5725-2 (1996). *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 2: Basic Method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*.

Lee, H. N.; Jitprasithsiri, S.; Lee, H.; Sorcic, R. G. (1997). Development of Geographic Information System–Based Pavement Management System for Salt Lake City. *Transportation Research Record 1524*. TRB. National Research Council. Washington, D.C.

Lima, J. P., Lopes, S. B., Zanchetta, F., Anelli, R. L. S., Fernandes Jr., J. L. (2004). Uso de SIG para a Gerência de Infra-estrutura de Transportes: Estudo de Caso em São Carlos-SP In: *Planejamento Integrado: em busca de desenvolvimento sustentável para cidades de pequeno e médio portes*, 2004, Braga. Planejamento Integrado.

Linda M. Pierce, L. M.; Mahoney, J. P. (1997). Description of Rehabilitation Scoping Process Used in Washington State Pavement Management System. *Transportation Research Record 1524*. TRB. National Research Council. Washington,D.C.

Lourenço Filho, Ruy de C. B (1974). *Probabilidade, Aplicações à Estatística*. Tradução de *Introductory Probability and Statistical Applications*, de Paul L. Meyer. Editora Ao Livro Técnico S.A., Rio de Janeiro.

Mbwana, J. R.; Turnquist, M. A. (1997). Optimization Modeling for Enhanced Network-Level Pavement Management System. *Transportation Research Record 1524*. TRB. National Research Council. Washington, D.C.

Pantigoso, J. F. G. (1998). *Uso dos Sistemas de Informação Geográfica para Integração da Gerência de Pavimentos Urbanos com as Atividades das Concessionárias de Serviços Públicos*. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP.

Prestes, M. P. (2001). *Métodos de Avaliação Visual de Pavimentos Flexíveis – um Estudo Comparativo*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS.

Sachs, P.; Sunde, D. (1997). Adapting Local Agency Pavement Management Procedures to Develop a Simplified System for use by Smaller Cities in Washington - *Transportation Research Record 1524*. TRB. National Research Council. Washington, D.C.

Sebaaly, P. E.; Hand, A.; Epps, J.; Bosch, C. (1997). Nevada's Approach to Pavement Management. *Transportation Research Record 1524*. TRB. National Research Council. Washington, D.C.

Shahin, M. Y. (1994). *Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots*. Editora Chapman & Hall, New York, NY

SHRP (1993). *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement performance Studies*. The Strategic Highway Research Program. National Academy of Science. Washington, D.C.

Sohail, F.; Hudson, W. R. (1997). Network-Level Implementation of URMS: A Graphical Urban Roadway Management System *Transportation Research Record 1524*. TRB. National Research Council. Washington, D.C.

Vepa, T. S.; George, K. P.; Shekharan, A. R. (1997). Prediction of Pavement Remaining Life *Transportation Research Record 1524*. TRB. National Research Council. Washington, D.C.

Volk, William (1958). *Applied Statistics for Engineers*. Editora McGraw-Hill Book Company, Inc, New York, Toronto, London.

ANEXO A

São apresentados os defeitos do *Strategic Highway Research Program* (SHRP) encontrados no Manual de Identificação de Defeitos nos Pavimentos (SHRP, 1993b). Alguns defeitos têm sua extensão medida em metros quadrados, mas, no caso de São Carlos, é estimada a área de ocorrência do defeito como uma porcentagem da área da seção a ser avaliada. Para os demais defeitos manteve-se a forma de medição do SHRP.

DEFEITO	CARACTERÍSTICA	NÍVEIS DE SEVERIDADE	COMO MEDIR
1 TRINCAS POR FADIGA DO REVESTIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas submetidas a cargas repetidas de tráfego. • Forma: “couro de crocodilo” ou “tela de galinheiro”. • Espaçamento inferior a 30 cm. 	<ul style="list-style-type: none"> • BAIXA: poucas trincas conectadas, sem erosão nos bordos e sem evidência de bombeamento. • MÉDIA: trincas conectadas e bordos levemente erodidos, mas sem evidência de bombeamento. • ALTA: trincas erodidas nos bordos, movimentação dos blocos quando submetidos ao tráfego e com evidência de bombeamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
2 TRINCAS EM BLOCOS	<ul style="list-style-type: none"> • Trincas que dividem o pavimento em pedaços aproximadamente retangulares. • Tamanho dos blocos: 0,1 a 10 m². 	<ul style="list-style-type: none"> • BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições. • MÉDIA*: trincas com abertura média entre 6 a 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa. • ALTA*: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
3 TRINCAS LATERAIS	<ul style="list-style-type: none"> • Apenas para pavimentos com acostamentos não pavimentados. • Dentro de uma faixa de 60 cm a partir da extremidade do pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • BAIXA: sem perda de material ou despedaçamento. • MÉDIA: perda de material e despedaçamento em até 10% da extensão afetada. • ALTA: perda de material e despedaçamento em mais de 10% da extensão afetada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar a extensão afetada (m) para cada nível de severidade.
4 TRINCAS LONGITUDINAIS	<ul style="list-style-type: none"> • Trincas predominantemente paralelas ao eixo, podendo se localizar dentro ou fora das trilhas de roda. 	<ul style="list-style-type: none"> • BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições. • MÉDIA*: trincas com abertura média entre 6 a 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa. • ALTA*: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar a extensão (m) das trincas longitudinais e os níveis de severidade correspondentes (nas trilhas de roda ou fora delas). • Registrar a extensão com selante em boas condições.

* Os limites para as trincas são muito altos quando considerados para pavimentos brasileiros.

DEFEITO	CARACTERÍSTICA	NÍVEIS DE SEVERIDADE	COMO MEDIR
5 TRINCAS POR REFLEXÃO	<ul style="list-style-type: none"> Reflexão de trincas ou juntas das camadas inferiores. Recapeamento ou pavimentos novos (contração da base). 	<ul style="list-style-type: none"> BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições. MÉDIA*: trincas com abertura média entre 6 a 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa. ALTA*: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar, em separado, as trincas transversais e longitudinais. Registrar o nº de trincas transversais. Registrar a extensão das trincas e os níveis de severidade. Registrar a extensão com selante em boas condições.
6 TRINCAS TRANSVERSAIS	<ul style="list-style-type: none"> Trincas predominantemente perpendiculares ao eixo. Severidade de uma trinca: adotar a mais elevada, desde que represente pelo menos 10% da extensão. 	<ul style="list-style-type: none"> BAIXA: trincas com abertura média inferior a 6 mm ou seladas com material selante em boas condições. MÉDIA*: trincas com abertura média entre 6 a 19 mm ou com trincas aleatórias adjacentes com severidade baixa. ALTA*: trincas com abertura média superior a 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias adjacentes com severidade média a alta. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar o nº de trincas, a extensão e os níveis de severidade. Registrar a extensão com selante em boas condições.
7 REMENDOS	<ul style="list-style-type: none"> Porção da superfície do pavimento, maior que 0,1 m², removida e substituída ou material aplicado ao pavimento após a construção inicial. 	<ul style="list-style-type: none"> Função da severidade dos defeitos apresentados pelo remendo. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar o nº de remendos e a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
8 PANELAS	<ul style="list-style-type: none"> Buracos resultantes de desintegração localizada, sob a ação do tráfego e em presença de água. Fragmentação, causada por trincas por fadiga ou desgaste, e remoção localizada de partes do revestimento. 	<ul style="list-style-type: none"> BAIXA**: profundidade menor que 25 mm. MÉDIA**: profundidade entre 25 e 50 mm. ALTA**: profundidade maior que 50 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar o nº de painéis e a área afetada por cada nível de severidade.

* Os limites para as trincas são muito altos quando considerados para pavimentos brasileiros.

** Para pavimentos brasileiros, deve-se considerar também a área afetada.

DEFEITO	CARACTERÍSTICA	NÍVEIS DE SEVERIDADE	COMO MEDIR
9 DEFORMAÇÃO PERMANENTE	<ul style="list-style-type: none"> Depressão longitudinal nas trilhas de roda, em razão de densificação dos materiais ou ruptura por cisalhamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Substituídos pelas medidas da deformação permanente a cada 15 m. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar a máxima deformação permanente nas trilhas de roda.
10 CORRUGAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> Deformação plástica caracterizada pela formação de ondulações transversais na superfície do pavimento. Causada por esforços tangenciais (frenagem ou aceleração). 	<ul style="list-style-type: none"> Associados aos efeitos sobre a qualidade do rolamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar o nº de ocorrências e a área afetada (m²).
11 EXUDAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> BAIXA: mudança de coloração em relação ao restante do pavimento devido ao excesso de asfalto. MÉDIA: perda de textura superficial. ALTA: aparência brilhante; marcas de pneus evidentes em tempo quente; agregados cobertos pelo asfalto. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
12 AGREGADOS POLIDOS	<ul style="list-style-type: none"> Polimento (desgaste) dos agregados e do ligante betuminoso e exposição dos agregados graúdos. Comprometimento da segurança: redução do coeficiente de atrito pneu-pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Níveis de polimento podem ser associados à redução no coeficiente de atrito pneu-pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Registrar a área afetada (m²).

DEFEITO	CARACTERÍSTICA	NÍVEIS DE SEVERIDADE	COMO MEDIR
13 DESGASTE	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de adesividade do ligante betuminoso e desalojamento dos agregados. • Envelhecimento, endurecimento, oxidação, volatilização, intemperização. 	<ul style="list-style-type: none"> • BAIXA: início do desgaste, com perda de agregados miúdos. • MÉDIA: textura superficial torna-se áspera, com perda de agregados miúdos e de alguns graúdos. • ALTA: textura superficial muito áspera, com perda de agregados graúdos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar a área afetada (m²) para cada nível de severidade.
14 DESNÍVEL (DEGRAU) ENTRE PISTA E ACOSTAMENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Diferença de elevação entre a faixa de tráfego e o acostamento: camadas sucessivas de revestimento asfáltico; erosão de acostamento não pavimentado; consolidação diferencial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Substituídos pelas medições do desnível 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar o desnível (mm) a cada 15m, ao longo da interface pista-acostamento.
15 BOMBEAMENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Saída de água pelas trincas do pavimento sob a ação das cargas do tráfego. • Identificado pela deposição à superfície, de material carreado das camadas inferiores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aplicáveis porque o bombeamento depende do teor de umidade das camadas inferiores do pavimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar o nº de ocorrências e a extensão afetada.

1. Fotografar ou filmar defeito não considerado pelo Manual;

OBS: 2. Mapear EXUDAÇÃO, AGREGADOS POLIDOS e DESGASTE apenas se ocorrerem em áreas localizadas;

3. Caso contrário, registrar localização, extensão e nível de severidade no espaço destinado aos comentários, no Mapa para Localização dos Defeitos.

ANEXO B

INVENTÁRIO DA REDE VIÁRIA URBANA			
ID da Seção:		Folha:	Código da Seção:
Nome da Via			Sentido
Da:			
Até:			
Classe Funcional:	Setor:	Quadra	
Comprimento:	Largura:	Nº de Faixas:	
Tipo de Pavimento	Tipo de Estrutura	Condição do Subleito	Tipo de Rota
Ano de Construção	Ano da Última M&R		Tipo da Última M&R
Volume de Tráfego	Volume de Caminhões		Taxa de Crescimento
Responsável:			Data:

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO		
ICP:	Aceitável:	M & R Prevista:
SAAE	Calçada:	Drenagem:

QUANTIFICAÇÃO DOS DEFEITOS					
TIPO DE DEFEITO	SEVERIDADE			PONTOS DEDUTÍVEIS	
	Baixa	Média	Alta	Intervalo	Avaliação
1 - Trincas por Fadiga (m ²)				0 a 15	
2 - Trincas em Blocos (m ²)				0 a 5	
3 - Defeitos nos Bordos (m)				0 a 5	
4 - Trincas Longitudinais (m)				0 a 5	
5 - Trincas por Reflexão (m ²)				0 a 5	
6 - Trincas Transversais (m)				N/C	
7 - Remendos (m ²)				0 a 15	
8 - Panelas (m ²)				0 a 10	
9 - Deformação Permanente (m)				0 a 15	
10 - Corrugação (m ²)				0 a 5	
11 - Exsudação (m ²)				0 a 5	
12 - Agregados Polidos (m ²)				N/C	
13 - Desgaste (m ²)				0 a 15	
14 - Desnível Pista-Acostamento (m)				N/C	
15 - Bombeamento (m ²)				N/C	
OBSERVAÇÃO:					? =
FOTO:					ICP =

Para o correto preenchimento da planilha de avaliação são importantes as seguintes instruções:

1. ID da seção: obtido do TransCAD.
2. Folha: definida no AutoCAD e posteriormente transferida para o TransCAD.
3. Código da seção: inclui classe funcional (A = arterial, C = coletora, L = local), número do setor (dois dígitos) e o número da quadra (do cadastro da prefeitura, com três dígitos).
4. Nome da via: logradouro onde está localizada a seção avaliada.
5. Da: logradouro que marca a esquina de início da seção.
6. Até: logradouro que marca a esquina de término da seção.
7. Sentido: sentido do fluxo do tráfego, a ser preenchido posteriormente no TransCAD.
8. Classe funcional: arterial, coletora ou local.
9. Setor: obtido do cadastro imobiliário da P.M. de São Carlos.
10. Quadra: obtida do cadastro da P.M. de São Carlos.
11. Comprimento: extensão da seção, em metros.
12. Largura: largura da seção, em metros.
13. Nº de faixas: número de faixas de tráfego, função de estacionamento dos dois lados, por exemplo.
14. Tipo de pavimento: F = flexível, R = rígido, P = paralelepípedo, N = não pavimentado.
15. Tipo de estrutura: escolhida a partir da relação de estruturas típicas da P.M. de São Carlos. Observados quando possível.

16. Condição do subleito: tipo de subleito quanto a capacidade de suporte (F = fraco, M = médio, R = resistente).
17. Tipo de rota: ocorrência de rotas especiais (O = ônibus, A = ambulância, C = caminhões de lixo).
18. Ano de construção: é o próprio ano de construção.
19. Ano da última M&R: ano da última intervenção de manutenção e reabilitação (M&R) realizada.
20. Tipo da última M&R: última atividade de M&R realizada: MP = manutenção preventiva, MC = manutenção corretiva, RF = reforço estrutural, RC = reconstrução.
21. Volume de tráfego: VDM (volume diário médio) ou avaliação qualitativa (do muito leve ao muito pesado).
22. Volume de caminhões: VDMc.
23. Taxa de crescimento: em porcentagem (anual).
24. Responsável: responsável ou responsáveis pelo preenchimento da planilha.
25. Data: dia, mês e ano da atualização dos dados.
26. ICP: avaliação subjetiva da condição do pavimento na seção (de zero = muito ruim, até cem = excelente).
27. Aceitável: se a seção está servindo aos usuários de forma satisfatória. (s = sim e N = não).
28. M&R Prevista: estratégia prevista, dentre as opções: NF = não fazer nada, : MP = manutenção preventiva, MC = manutenção corretiva, RF = reforço estrutural, RC = reconstrução.

29. SAAE: indicar o nível de interferência do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) na seção (B = baixo, M = médio, A = alto).
30. Calçada: aceitabilidade da condição da calçada (S = sim, N = não).
31. Drenagem: aceitabilidade da condição da drenagem superficial (S = sim, N = não).
32. Severidade: quantificação da extensão dos diferentes defeitos, com os respectivos níveis de severidade. (Observação – seguir manuais e/ou apostilas).
33. Pontos dedutíveis: com base na severidade e na extensão do defeito, estimar o valor a ser deduzido.
34. Σ = somar todos os pontos deduzidos.
35. ICP: subtrair de 100 o total de pontos deduzidos (é um outro valor para ICP).
36. Observação: no caso de necessidade de intervenção imediata ou no Curto prazo.
37. Foto: número das fotos eventualmente tiradas no campo.

ANEXO C

MT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM

Levantamento da Condição de Superfície de Segmentos-Testemunha de Rodovias de Pavimento Flexível ou Semi-Rígido para Gerência de Pavimentos a Nível de Rede

Especificação de Serviço

DNER-ES 122/83

p. 01/09

RESUMO

Este documento, que é uma Norma técnica, define o procedimento a ser utilizado no levantamento da condição de superfície de segmentos-testemunha de rodovias de pavimento flexível ou semi-rígido, para gerência de pavimento a nível de rede, com vistas a uma avaliação objetiva de superfície de dado trecho da rodovia considerado homogêneo quanto à condição de sua superfície.

SUMÁRIO

- 0 Introdução
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definições
- 4 Aparelhagem
- 5 Execução
- 6 Anexo

0 INTRODUÇÃO

A presente Norma integra os resultados dos estudos havidos, a partir de 1978, concernentes à avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos, na sua primeira parte, a saber, a do levantamento da condição de superfície, com vistas à determinação do grau de deterioração dos mesmos.

1 OBJETIVO

A presente Norma estabelece as condições para execução do levantamento da condição de superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos em segmentos-testemunha de rodovias.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DNER - TER 001/78- Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Terminologia Rodoviária.

3 DEFINIÇÕES

Para os fins desta Norma, são adotadas as seguintes definições:

Palavras-chave: normalização (9075), pavimento flexível (2944), pavimento semi-rígido (2953), superfície (6438), defeito (técnico) (5238), deterioração (5255), gerência de pavimentos (.....)

Aprovada pelo Conselho de Administração em 18/08/83

Autor: DNER/DrDTc (IPR) em 05/07/83

Resolução nº / , Sessão nº CA/ /

Processo nº 20100018555/83

DNER-ES 122/83

p. 02/09

3.1 Flecha na trilha de roda

Medida, em milímetros, da deformação permanente do sulco formado nas trilhas de roda interna (TRI) e roda externa (TRE), correspondentes ao ponto de máxima depressão, medida com equipamento padronizado. (Figura 1)

3.2 Trinca (T)

Qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, consistindo em aberturas de maior ou menor porte, apresentando-se sob diversas formas, como adiante descrito.

3.2.1 Tipos de trincas e métodos de medida

Os tipos de trincas considerados são: transversal (TR), longitudinal (L), bloco (B), crocodilo ou jacaré (CR) e irregular (I). A figura 2 mostra como os diferentes tipos de trinca devem ser bem definidos, bem como os métodos de medir suas áreas ou comprimentos, o que auxilia na identificação unívoca de cada área levantada. Visando a obter consistência, a área trincada deve ser sempre medida através de retângulos circunscritos, com um lado paralelo ao eixo da rodovia. As áreas que apresentem as ocorrências citadas em 3.3 a 3.10, também devem ser medidas desta forma.

3.2.2 Classe de trincas

As trincas devem ser classificadas em função de sua severidade, como se segue:

Classe 1 - Trincas capilares, com largura até 1 mm, normalmente designadas fissuras; Classe 2 - Trincas com largura maior que 1 mm, sem desintegração (ou erosão) nas bordas; Classe 3 - Trincas com largura maior que 1 mm, com desintegração nas bordas.

3.3 Painelas ou buracos (P)

Cavidades abertas no pavimento.

3.4 Remendos (R)

Painelas preenchidas com uma mistura betuminosa na operação denominada tapa-buraco.

3.5 Remendo profundo (RP)

Aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores. Usualmente apresenta forma retangular.

3.6 Remendo superficial (RS)

Correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa delgada como, por exemplo, lama asfáltica ou pré-misturada.

3.7 Exsudação (EX)

Excesso de ligante betuminoso localizado em forma de mancha mais escura na superfície da pista de rolamento.

DNER-ES 128/83

p. 03/09

3.8 Desgaste (D)

Aspereza superficial, com perda no envolvimento betuminoso do agregado, ocorrendo em estágio mais avançado o arrancamento progressivo do agregado.

3.9 Afundamento (A)

Depressão local da superfície do pavimento.

3.10 Ondulação ou Corrugação (ON)

Sucessão mais ou menos regular de depressões e saliências transversais, observadas na superfície do pavimento.

3.11 Segmento-testemunha

Segmento de 100 m de comprimento escolhido de trecho de rodovia considerado homogêneo quanto à condição de sua superfície.

3.12 Condição de superfície (de um pavimento)

Estado da superfície da pista expresso através da presença ou ausência de uma série de defeitos (ver itens 3.1 a 3.10) definidos e medidos, contados ou constatados.

3.13 Grau de constatação da superfície de pavimento de um trecho rodoviário

Estado em que se acha a superfície de um pavimento de um trecho rodoviário, expresso com base em um critério que utiliza os resultados do levantamento, obtidos conforme dispõe a presente Norma.

4 APARELHAGEM

Para o levantamento da condição de superfície dos pavimentos, deve ser utilizada a seguinte aparelhagem:

- a) Trelça de alumínio, padronizada, figura 1, tendo 1,20 m de comprimento na base, dotada de régua móvel instalada em seu ponto médio e que permite a medida, em milímetros, das flechas nas trilhas de roda;
- b) Equipamento e material auxiliar para localizações e marcações na pista, com trena de 20 m, tinta, giz, pincel e impressos;
- c) Instrumento ou dispositivo para distinguir trincas de largura maior ou igual a 1 mm, das de largura menor (fissuras).

5 EXECUÇÃO**5.1 Segmentos-testemunha**

O engenheiro responsável pelo levantamento deve proceder da seguinte maneira para selecionar os segmentos-testemunha na área sob sua jurisdição:

- a) identificar trechos do PNV na malha a ser levantada;

DNER-ES 128/83

p. 04/09

- b) dividir cada trecho unitário do PNV em sub trechos homogêneos quanto à condição de superfície do pavimento. A escolha dos sub trechos homogêneos deve ser feita visualmente pelo engenheiro, não havendo necessidade de utilizar qualquer tipo de equipamento. A extensão máxima de cada subtrecho deve ser de 20 km e o número de sub trechos, em um trecho unitário do PNV, pode variar de 1 a 9. A extensão mínima do subtrecho homogêneo é de 300 m. A extensão total de um subtrecho homogêneo deve localizar-se dentro da jurisdição de uma só Residência ou Escritório de Fiscalização;
- c) identificar três segmentos-testemunha de 100 m cada um para cada subtrecho homogêneo de rodovia. Os segmentos-testemunha devem ser locados no início, meio e fim do subtrecho homogêneo, a partir do marco quilométrico mais próximo, ou qualquer outra referência permanente, no caso da não existência do marco.

5.2 Inventário de defeitos

O primeiro passo consiste em marcar nos segmentos-testemunha seis superfícies de avaliação, distribuídas, duas a duas, ao longo dos três segmentos de 100 m, designadas de A a F, conforme a figura 3; nas escalas longitudinal e transversal, uma divisão do gráfico corresponde a 0,25 m de estrada.

Os defeitos descritos de 3.2 a 3.10 devem ser convenientemente inventariados e transcritos na ficha de levantamento de campo (DNER - CPGC - 01/83), figura 3; esta ficha consiste de uma tabela, onde devem ser registrados dados numéricos correspondentes às áreas levantadas dentro de cada superfície de avaliação. Na figura devem ser locadas e enumeradas as áreas levantadas.

A numeração dos segmentos-testemunha (1 a 3), dentro de um subtrecho homogêneo, deve obedecer o sentido da designação do trecho unitário do PNV.

Todas as áreas com defeitos ou correções dentro das superfícies de avaliação (A a F), devem ser marcadas na pista, por meio de giz e medidas conforme descrito em 3.2.1.

As áreas levantadas devem, também, ser esquematizadas no gráfico.

Trincas longitudinais e transversais são representadas por segmentos de reta, enquanto as áreas trincadas são representadas por retângulos circunscritos.

Cada área ou segmento de reta deve ser numerada e as informações detalhadas devem ser registradas na ficha de campo (DNER - CPGC - 01/83), com os números correspondentes.

Nas colunas devem ser indicadas as seguintes informações:

Coluna 1 - Número de área levantada;

Coluna 2 - Descrição do tipo de ocorrência, conforme definido, de 3.2 a 3.10, usando o símbolo respectivo;

Coluna 3 - No caso de trincas, o tipo de trinca: Transversal (TR), Longitudinal (L), Bloco (B), Crocodilo (CR) e Irregular (I). Nos demais casos, deixar em branco;

Coluna 5 - As dimensões do retângulo circunscrito à área que apresenta defeito (a x b, conforme figura 2). No caso de trincas longitudinais e transversais, as dimensões a serem anotadas são o comprimento da trinca e uma largura de influência, convencionada em 0,15 m.

Coluna 6 - O produto das dimensões indicadas na coluna 5.

Uma ficha de levantamento de condição de superfície do pavimento, correspondente a segmentos-testemunha imaginários, é mostrada na figura 4.

DNER-ES 122/83

p. 05/09

5.3 Medida das flechas

As flechas devem ser medidas em milímetros, na seção transversal média de cada superfície de avaliação, demarcada previamente na pista. Deve ser utilizada a treliça referida no item 4.a. Essas medidas são executadas nas trilhas de roda interna (TRI) e roda externa (TRE), deslocando-se a treliça transversalmente dentro da trilha até a obtenção da leitura máxima. Na ficha (DNER - CPGP 01/83), a faixa AF representa a faixa de trânsito no sentido de trecho unitário do PNV e a faixa FA a de sentido oposto. Caso o ponto selecionado apresente remendo ou panela que inviabilize a medida da flecha, a treliça deve ser deslocada, longitudinalmente, o estritamente necessário para executar a execução da operação.

/Anexo

DNER-ES 128/83

p. 07/08

Mede-se o comprimento

Transversal (TR)

Mede-se o comprimento

Longitudinal (L)

Mede-se a área geral de ocorrência de trincas através das dimensões do retângulo circunscrito.

Bloco (B)

Mede-se a área geral de ocorrência de trincas através das dimensões do retângulo circunscrito.

Crocodilo (CR)

Mede-se a área geral de ocorrência de trincas através das dimensões do retângulo circunscrito.

Irregular (I)

Figura 2 - TIPOS DE TRINCA E MODOS DE MEDIÇÃO

DNER-ES 126/83

P. 09/09

MT-DNER**LEVANTAMENTO DA CONDIÇÃO DE
SUPERFÍCIE DE PAVIMENTOS**CÓDIGO (PNV): 2778PRO180SUB-TRECHO: km 30 a km 40SEMENTOS-TESTEMUNHA: 2 km 34+950m a km 35+050m
3 km 35+900m a km 40TEMPO: 8:00 HORA: 9:00 TÉCNICO: JOSEDATA: 14/03/83

ÁREA Nº	Tipo de DEPÓSITO	Tipo de TRINCHA	ELABORADA TRINCHA	Dimensões (m x m)	Área (m²)
1	T	TR	1	0,8 x 0,18	0,078
2	P			0,4 x 0,8	0,30
3	T	L	2	5,0 x 0,18	0,78
4	RP			3,8 x 1,8	6,70
5	T	I	1	5,0 x 0,6	3,00
6	T	L	2	5,0 x 0,18	0,90
7	T	CR	3	1,0 x 1,8	1,80
8	RS			2,0 x 1,0	2,00
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

POSICÃO	FLECHAS NAS TRILHAS (mm)			
	FAIXA AF		FAIXA FA	
	TRE	TRI	TRE	TRI
A (3m)	4	4	2	4
B (97m)	3	1	0	1
C (3m)	2	4	4	3
D (97m)	5	1	2	4
E (3m)	3	2	2	1
F (97m)	2	3	2	0

Largura da pista: 7,00 mTipo de revestimento: CONCRETO ASFÁLTICOLargura do acostamento: 2,50 mTipo de material do acostamento: BASE + IMPRIMAÇÃO

FIGURA 4

ANEXO D

Apresenta-se a proposta de “Sistemática para Levantamento da Condição da Superfície dos Revestimentos das Pistas de Rolamento dos Arcos Viários em Nível de Rede” utilizada em Porto Alegre - RS.

1. Introdução

Esse documento estabelece a sistemática para levantamento das condições de superfície das pistas de rolamento, através de avaliação objetiva, por amostragem, dos arcos viários em nível de rede.

Esse procedimento provém da adaptação da Especificação DNER-ES 128/83 – Levantamento das Condições de Superfície de Segmentos Testemunha de Rodovias para Gerência de Pavimentos em Nível de Rede.

2. Definições

2.1 Arco-SIG

Segmentação de um logradouro cadastrado no Sistema de Informações Geográficas da Prefeitura de Porto Alegre (SIGPOA).

Trecho de Arco-SIG

Parte da extensão do eixo de um logradouro compreendida como o trecho entre dois pontos de mudança de característica, interrupção ou partida da mesma. Um trecho de Arco-SIG pode ser coincidente com um Arco-SIG.

Condições de Superfície

Estado superficial do trecho verificado na superfície de amostragem selecionada aleatoriamente, e considerada representativa do mesmo.

2.4 Superfície de amostragem

É o conjunto de todas superfícies de avaliação do trecho.

2.5 Superfície de avaliação

Superfície do revestimento de arco-SIG na qual se processa o levantamento dos defeitos existentes. É uma região delimitada pela largura integral da pista e com comprimento de 10m.

2.6 Coletor de dados

Equipamento eletrônico portátil adquirido pela prefeitura de Porto Alegre. Para registro e caracterização dos defeitos observados nos revestimentos.

2.7 Defeitos

Caracterização das deficiências encontradas nos revestimentos das pistas dos trechos.

2.8 Nível de severidade

Estágio de desenvolvimento em que se encontra o defeito.

2.9 Fator de ponderação

Fator que atribui um peso de responsabilidade relativa a um determinado tipo de defeito do revestimento, tendo em vista o estágio de deterioração do mesmo, bem como a magnitude da medida corretiva necessária.

3. Aparelhagem

Para o levantamento das condições de superfície, o material utilizado deverá se constituir de trena e um gabarito delimitador para localização das superfícies de avaliação, além das fichas de levantamento e o coletor de dados.

4 Execução

4.1 Amostragem

Com o auxílio da trena e do gabarito delimitador, o levantamento deve ser iniciado pela localização e delimitação das superfícies de avaliação que constituirão a amostragem das condições superficiais do trecho de arco-SIG. A trena servirá para localização dos pontos de

referência das superfícies de avaliação nos quais o gabarito delimitador deverá ser posicionado, conforme Anexo D.2.

Se o trecho tiver extensão menor que 12m, a superfície de amostragem deverá ser constituída de apenas uma superfície de avaliação.

Caso o trecho apresente superfície de avaliação superior a 12m e menor ou igual a 120m a superfície de amostragem deverá ser formada por duas superfícies de avaliação.

Para um trecho com extensão maior que 120m, além das duas superfícies de avaliação acima, a cada 60m excedentes, deve ser acrescentada uma superfície de avaliação à superfície de amostragem.

Em quaisquer circunstâncias, se um trecho de arco-SIG possuir uma extremidade coincidente com um extremo de arco-SIG, uma superfície de avaliação (SA) deverá obrigatoriamente estar localizada nesse ponto. As demais deverão ser localizadas aleatoriamente.

O anexo D.1. contém um quadro resumo da localização das superfícies de avaliação de acordo com o comprimento e a posição do trecho.

4.2. Inventário

4.2.1. Identificação

Com base na tipologia de defeitos relatada no item 2.7, o avaliador deverá verificar e identificar visualmente possíveis ocorrências nas superfícies de avaliação.

4.2.2. Registro dos defeitos

Deverá ser feito nas fichas de levantamento tais como o modelo em anexo.

As fichas de levantamento contém gráficos para representação da superfície de avaliação subdividido em quadrículas correspondentes a 0.50m de lado.

O avaliador, com auxílio das marcas de referência do gabarito delimitador, igualmente espaçadas de 0,50m, deverá estimar o posicionamento das ocorrências identificadas e representar no gráfico.

As trincas isoladas longitudinais e transversais deverão ser registradas por segmentos de reta com largura convencionada de 0,15m. os demais defeitos deverão ter sua representação esquemática feita por figuras retangulares circunscritas, tendo dois lados paralelos ao eixo do arco. A caracterização dos defeitos deverá ser completada no coletor de dados pelo registro de tipo e nível de severidade, além das dimensões estimadas.

Anexo D.1.

Localização das Superfícies de Avaliação (SA)

	Trechos		
Quantidade de Superfícies de Avaliação (SA)	Trecho de Arco-SIG 1	Trecho de Arco-SIG 2	Trecho de Arco-SIG 3
	se $d1 < 12,0 \text{ m}$	se $d2 < 12,0 \text{ m}$	se $d3 < 12,0 \text{ m}$
uma Superfície de Avaliação (SA)		localização aleatória
	se $12,0 \text{ m} \leq d1 \leq 120,0 \text{ m}$	se $12,0 \text{ m} < d2 \leq 120,0 \text{ m}$	se $12,0 \text{ m} < d3 \leq 120,0 \text{ m}$
duas Superfícies de Avaliação (SA)	SA 1: junto à interseção SA 2: localização aleatória	SA 1: localização aleatória SA 2: localização aleatória	SA 1: localização aleatória SA 2: junto à interseção
	se $d1 > 120,0 \text{ m}$, acrescenta-se uma SA a cada 60,0 m excedentes	se $d2 > 120,0 \text{ m}$, acrescenta-se uma SA a cada 60,0 m excedentes	se $d3 > 120,0 \text{ m}$, acrescenta-se uma SA a cada 60,0 m excedentes
n Superfícies de Avaliação (SA)	SA 1: junto à interseção demais SAs: localização aleatória	localização aleatória de todas SAs	SA n: junto à interseção demais SAs: localização aleatória

Obs: nessa figura as seções a serem avaliadas têm 6,0 metros e no texto diz-se 10,0 metros, isso é devido a mudanças que ocorreram por parte da equipe técnica de Porto de Alegre que alterou o comprimento da amostra avaliada. Tanto a avaliação de Porto Alegre como a reprodução dessa forma de avaliar realizada em São Carlos utilizaram 10,0 metros como comprimento da seção avaliada.

Anexo D.2.

Obs: vale lembrar que onde está escrito 3,00, na verdade representa 5,00, devido ao real comprimento da seção de avaliação.

LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE

Logradouro:

CDL:

Arco:

Início:

Film:

Superfície de Avaliação

A full-page view of a blank sheet of graph paper. The grid consists of 10 columns and 10 rows of squares, formed by thin black lines. A thicker vertical line runs down the left side, creating a margin. There are some very faint, illegible marks scattered across the page, likely from the reverse side or scanning artifacts.

Superfície de Avaliação

[illegible]

ANEXO E

Proposta de “Cálculo do Índice da Condição do Pavimento (ICP)” da prefeitura de Porto Alegre.

O objetivo do cálculo do índice da condição do pavimento (ICP) é a obtenção de um número inteiro compreendido em uma escala que varia entre 0 e 100 que classifique o estado geral da superfície do pavimento de um arco no momento de sua inspeção.

Para calcular o ICP de um arco, no entanto, é preciso, primeiramente, obter os índices ICP relativos aos diferentes tipos de revestimento existentes (RA, BC, PL, PI, CCP ou RP) e aos diferentes tipos de uso da via (veículos em geral ou corredores de ônibus), caso haja. Dessa forma, de um arco, resultará, ao final dos procedimentos de cálculo, dois índices ICP, sendo um referente à condição dos revestimentos dos corredores de ônibus (O) e outro referente à condição dos revestimentos das faixas de uso de veículos em geral (V). Em tese, o objetivo final é obter um ICP-O (índice da condição dos pavimentos do corredor de ônibus) e um ICP-V (índice da condição dos pavimentos de uso dos veículos em geral).

Adotando-se a letra O para indicar ônibus e a letra V para veículos em geral, e os códigos RA, BC, PL, PI, CCP e RP para indicar o tipo de revestimento, pode-se denominar de ICP-O-RA, ICP-O-BC, ICP-O-PL, ICP-O-PI, ICP-O-CCP e ICP-O-RP os índices da condição de cada um dos revestimentos do corredor de ônibus em um dado arco qualquer e de ICP-V-RA, ICP-V-BC, ICP-V-PL, ICP-V-PI, ICP-V-CCP e ICP-V-RP os índices da condição de cada revestimento de uso dos veículos em geral em um arco.

Posteriormente, uma ponderação em função da quantidade existente de cada revestimento no arco será utilizada para que, com o uso desses diferentes índices ICP com código O, referentes aos diversos revestimentos, seja obtido o índice ICP-O. Definindo-se como área-O-RA, área-O-BC, área-O-PI, área-O-PL, área-O-CCP e área-O-RP, as quantidades individuais (áreas) de cada revestimento distinto existente no corredor de ônibus de um arco, o cálculo do ICP-O se dará pela seguinte formulação:

$$\text{ICP-O} = \frac{\text{área-O-RA} \times \text{ICP-O-RA} + \text{área-O-BC} \times \text{ICP-O-BC} + \text{área-O-PI} \times \text{ICP-O-PI} + \text{área-O-PL} \times \text{ICP-O-PL} + \text{área-O-CCP} \times \text{ICP-O-CCP} + \text{área-O-NP} \times \text{ICP-O-NP}}{\text{área do arco}}$$

Da mesma maneira, uma ponderação dos diferentes índices ICP com código V, referentes aos diferentes revestimentos existentes no pavimento de uso dos veículos em geral, em função da área de cada revestimento diferente será feita para o cálculo do índice ICP-V. Tal como nos pavimentos do corredor de ônibus, pode-se denominar de área-V-RA, área-V-BC, área-V-PI, área-V-PL, área-V-CCP e área-V-NP, as quantidades, em área, existentes de cada tipo de revestimento nos pavimentos de uso dos veículos em geral e calcular o índice ICP-V através da seguinte fórmula:

$$\text{ICP-V} = \frac{\text{área-V-RA} \times \text{ICP-V-RA} + \text{área-V-BC} \times \text{ICP-V-BC} + \text{área-V-PI} \times \text{ICP-V-PI} + \text{área-V-PL} \times \text{ICP-V-PL} + \text{área-V-CCP} \times \text{ICP-V-CCP} + \text{área-V-NP} \times \text{ICP-V-NP}}{\text{área do arco}}$$

Os cálculos dos diversos índices da condição do pavimento - ICP - referentes a cada tipo de revestimento, por sua vez, seguem a mesma lógica, havendo a distinção somente relativa à tipologia dos defeitos descritos. Essa lógica consiste em atribuir a um determinado conjunto de defeitos, constatados em uma superfície de avaliação, de um dado revestimento, uma quantificação numérica que diminua a qualificação do pavimento, partindo das idéias de que a um revestimento em estado perfeito (maior qualificação) corresponda um índice ICP = 100 e a um revestimento totalmente rompido (menor qualificação) corresponda um ICP = 0. Essa quantificação numérica de diminuição é denominada de Valor de Dedução.

Por outro lado, para determinação de cada índice ICP, de cada tipo de pavimento, em função do tipo de uso do pavimento, deve-se, em primeira instância, determinar valores de ICP relativos às diferentes superfícies de avaliação existentes no arco. Sendo assim, cada ficha de levantamento de campo preenchida irá gerar um cálculo de ICP. Faz-se necessário, portanto, salientar alguns aspectos referentes à forma de preenchimento dessas fichas.

As fichas de levantamento de campo para avaliação dos pavimentos contêm linhas que correspondem aos diferentes tipos de defeitos descritos para cada pavimento e colunas que correspondem aos níveis de severidade possíveis de cada defeito. As interseções das linhas com as colunas, por sua vez, perfazem células que servem para registro das áreas das ocorrências identificadas na superfície de avaliação. Esse registro de áreas de ocorrência é feito mediante a atribuição de duas medidas (comprimento e largura), não sendo realizado de forma direta. Além desse aspecto, deve-se considerar que uma determinada célula pode conter

mais do que um registro de área, uma vez que um mesmo tipo defeito em um dado nível de severidade pode ocorrer mais do que uma vez em uma superfície de avaliação.

Os defeitos descritos como remendo de conservação padrão e remendo de intervenção em rede, respectivamente codificados de RA01, BC01, PL01, PI01, RA02, BC02, PL02 e PI02, quando se encontram em nível de severidade avançado, possuem, interiormente a sua área de ocorrência, no mínimo, um outro defeito ao qual está relacionado. Tendo em vista esse aspecto, convencionou-se o uso de uma codificação alfabética, que, aposta à área de ocorrência do defeito interno, faz essa vinculação. Assim, se uma determinada área de ocorrência de um defeito em um dado nível de severidade, possui um código P, tal área está vinculada ao defeito descrito como remendo de conservação **p**adrão, que tem código XX01. De outra forma, se uma dada área de ocorrência de um defeito em um dado nível de severidade, possui um código I, tal área está vinculada ao defeito descrito como remendo de **i**ntervenção em rede subterrânea, que tem código XX02.

Descrevem-se, em seqüência, os procedimentos relativos aos cálculos de ICP para cada tipo de pavimento.

Cabe ressaltar, por fim, que os procedimentos de cálculo dos índices da condição do pavimento são funções independentes do tipo de uso do revestimento.

Revestimentos Asfálticos (RA) - Determinação de ICP-V-RA e ICP-O-RA

Conforme já explicitado, a primeira etapa de cálculo para definição dos índices ICP-V-RA e ICP-O-RA, se constitui na determinação de índices ICP de revestimento asfáltico em cada superfície de avaliação. Para tanto, dentro de uma superfície de avaliação, a qual está associada a uma ficha de levantamento de campo, deve-se proceder como se segue.

1º) Calcular a densidade de cada defeito em cada nível de severidade (d):

A densidade é a quantificação percentual da extensão existente de um dado tipo de defeito em uma dada severidade. Essa variável possui três formas diferentes de cálculo que estão vinculadas ao tipo de defeito e nível de severidade correspondente.

Para os defeitos RA01 e RA02, se estiverem em nível avançado, o cálculo da densidade será função da subtração do somatório total de áreas preenchidas na ficha de levantamento de campo menos o total de áreas de defeitos identificados interiormente aos defeitos RA01 e RA02, registrados com o código P ou I conforme já descrito. E o cálculo de d se dará pela seguinte expressão:

$$d = \frac{\text{área total de defeitos tipo RA01 ou RA02 em nível avançado} - \text{área total de defeitos com código P ou I}}{\text{área de RA dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

em que a área de revestimento asfáltico dentro da superfície de avaliação é dada pela multiplicação do comprimento da superfície de avaliação pela largura desse revestimento existente na SA.

Já para os mesmos defeitos RA01 e RA02, quando em nível de severidade inicial, o cálculo da densidade não requer a subtração:

$$d = \frac{\text{área total de defeitos tipo RA01 ou RA02 em nível inicial}}{\text{área de RA dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

Para os defeitos RA09 e RA19, em cada severidade, a densidade d está conceituada em função do número de ocorrências. Sendo assim, o sistema de cálculo do ICP deverá captar, para esses defeitos, o número de entradas de áreas de ocorrência ao invés de calcular tais áreas:

$$d = \frac{\text{número de ocorrências}}{\text{área de RA dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

Com relação aos demais defeitos de revestimento asfáltico, a densidade d deve ser calculada tomando o total de áreas de ocorrências e dividindo-se pela área de RA na superfície de avaliação:

$$d = \frac{\text{área total de ocorrências do defeito na severidade correspondente}}{\text{área de RA dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

2º) Extrair o valor de dedução individual de cada defeito em cada severidade (VDI):

De posse do valor da densidade d calculada no item anterior, deve-se buscar, na tabela de valores de dedução, para cada tipo de defeito em cada nível de severidade, o VDI correspondente.

3º) Calcular o valor de dedução total (VDT):

O VDT é o resultado da soma simples de todos valores VDI extraídos na tabela de valores de dedução.

4º) Obter o valor de dedução corrigido (VDC):

O valor de dedução corrigido (VDC) também é um número que está tabelado. Para obtê-lo, porém, é necessário calcular um índice q , que representa o número de defeitos encontrados em uma dada SA. Nos pavimentos com revestimento asfáltico, q será um inteiro entre 1 e 21, uma vez que são 21 os defeitos possíveis. O valor de q é independente dos níveis de severidade. Seu valor é a contagem simples dos tipos distintos de defeitos registrados:

$$q = \text{número de tipos de defeitos encontrados}$$

Quando $q = 1$, no entanto, $VDC = VDT$, e não há necessidade de corrigir o valor de dedução.

5º) Calcular o ICP de RA da superfície de avaliação:

O valor do ICP será a subtração de 100 menos o valor de dedução corrigido (VDC):

$$\text{ICP-V-RA de uma SA ou ICP-O-RA de uma SA} = 100 - \text{VDC}$$

6º) Repetir as etapas anteriores para as demais superfícies de avaliação;

7º) Calcular, por fim, o ICP de RA de um pavimento de uso exclusivo de ônibus ou de veículos em geral de um arco:

Os cálculos dos índices ICP-V-RA e ICP-O-RA devem ser feitos pela média ponderada dos ICP de RA obtidos nas diferentes SA, considerando as áreas de RA existentes em cada superfície de avaliação. Assim, supondo que haja duas superfícies de avaliação em um arco, denominadas de SA1 e SA2, cujas áreas de revestimento asfáltico existentes sejam

área-RA-SA1 e área-RA-SA2, das quais tenham sido calculados os índices ICP-RA-SA1 e ICP-RA-SA2, os índices ICP de RA do arco serão:

$$\text{ICP-V-RA ou ICP-O-RA} = \frac{\text{área-RA-SA1} \times \text{ICP-RA-SA1} + \text{área-RA-SA2} \times \text{ICP-RA-SA2}}{\text{área-RA-SA1} + \text{área-RA-SA2}}$$

Blocos de concreto (BC) - Determinação de ICP-V-BC e ICP-O-BC

Conforme já explicitado, a primeira etapa de cálculo para definição dos índices ICP-V-BC e ICP-O-BC, se constitui na determinação de índices ICP de blocos de concreto em cada superfície de avaliação. Para tanto, dentro de uma superfície de avaliação, a qual está associada a uma ficha de levantamento de campo, deve-se proceder como se segue.

1º) Calcular a densidade de cada defeito em cada nível de severidade (d):

A densidade é a quantificação percentual da extensão existente de um dado tipo de defeito em uma dada severidade. Essa variável possui três formas diferentes de cálculo que estão vinculadas ao tipo de defeito e nível de severidade correspondente.

Para os defeitos BC01 e BC02, se estiverem em nível avançado, o cálculo da densidade será função da subtração do somatório total de áreas preenchidas na ficha de levantamento de campo menos o total de áreas de defeitos identificados interiormente aos defeitos BC01 e BC02, registrados com o código P ou I conforme já descrito. E o cálculo de d se dará pela seguinte expressão:

$$d = \frac{\text{área total de defeitos tipo BC01 ou BC02 em nível avançado} - \text{área total de defeitos com código P ou I}}{\text{área de BC dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

em que a área de blocos de concreto dentro da superfície de avaliação é dada pela multiplicação do comprimento da superfície de avaliação pela largura desse revestimento existente na SA.

Já para os mesmos defeitos BC01 e BC02, quando em nível de severidade inicial, o cálculo da densidade não requer a subtração:

$$d = \frac{\text{área total de defeitos tipo BC01 ou BC02 em nível inicial}}{\text{área de BC dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

Para os defeitos BC09 e BC18, em cada severidade, a densidade d está conceituada em função do número de ocorrências. Sendo assim, o sistema de cálculo do ICP deverá captar, para esses defeitos, o número de entradas de áreas de ocorrência ao invés de calcular tais áreas:

$$d = \frac{\text{número de ocorrências} \times 100}{\text{área de BC dentro da superfície de avaliação}}$$

Com relação aos demais defeitos de blocos de concreto, a densidade d deve ser calculada tomando o total de áreas de ocorrências e dividindo-se pela área de BC na superfície de avaliação:

$$d = \frac{\text{área total de ocorrências do defeito na severidade correspondente} \times 100}{\text{área de BC dentro da superfície de avaliação}}$$

2º) Extrair o valor de dedução individual de cada defeito em cada severidade (VDI):

De posse do valor da densidade d calculada no item anterior, deve-se buscar, na tabela de valores de dedução, para cada tipo de defeito em cada nível de severidade, o VDI correspondente.

3º) Calcular o valor de dedução total (VDT):

O VDT é o resultado da soma simples de todos valores VDI extraídos na tabela de valores de dedução.

4º) Obter o valor de dedução corrigido (VDC):

O valor de dedução corrigido (VDC) também é um número que está tabelado. Para obtê-lo, porém, é necessário calcular um índice q , que representa o número de defeitos encontrados em uma dada SA. Nos pavimentos com blocos de concreto, q será um inteiro

entre 1 e 20, uma vez que são 20 os defeitos possíveis. O valor de q é independente dos níveis de severidade. Seu valor é a contagem simples dos tipos distintos de defeitos registrados:

$$q = \text{número de tipos de defeitos encontrados}$$

Quando $q = 1$, no entanto, $VDC = VDT$, e não há necessidade de corrigir o valor de dedução.

5º) Calcular o ICP de BC da superfície de avaliação:

O valor do ICP será a subtração de 100 menos o valor de dedução corrigido (VDC):

$$\text{ICP-V-BC de uma SA ou ICP-O-BC de uma SA} = 100 - \text{VDC}$$

6º) Repetir as etapas anteriores para as demais superfícies de avaliação;

7º) Calcular, por fim, o ICP de BC de um pavimento de uso exclusivo de ônibus ou de veículos em geral de um arco:

Os cálculos dos índices ICP-V-BC e ICP-O-BC devem ser feitos pela média ponderada dos ICP de BC obtidos nas diferentes SA, considerando as áreas de BC existentes em cada superfície de avaliação. Assim, supondo que haja duas superfícies de avaliação em um arco, denominadas de SA1 e SA2, cujas áreas de blocos de concreto existentes sejam área-BC-SA1 e área-BC-SA2, das quais tenham sido calculados os índices ICP-BC-SA1 e ICP-BC-SA2, os índices ICP de BC do arco serão:

$$\text{ICP-V-BC ou ICP-O-BC} = \frac{\text{área-BC-SA1} \times \text{ICP-BC-SA1} + \text{área-BC-SA2} \times \text{ICP-BC-SA2}}{\text{área-BC-SA1} + \text{área-BC-SA2}}$$

Paralelepípedos (BC) - Determinação de ICP-V-PL e ICP-O-PL

Conforme já explicitado, a primeira etapa de cálculo para definição dos índices ICP-V-PL e ICP-O-PL, se constitui na determinação de índices ICP de paralelepípedos em cada superfície de avaliação. Para tanto, dentro de uma superfície de avaliação, a qual está associada a uma ficha de levantamento de campo, deve-se proceder como se segue.

1º) Calcular a densidade de cada defeito em cada nível de severidade (d):

A densidade é a quantificação percentual da extensão existente de um dado tipo de defeito em uma dada severidade. Essa variável possui três formas diferentes de cálculo que estão vinculadas ao tipo de defeito e nível de severidade correspondente.

Para os defeitos PL01 e PL02, se estiverem em nível avançado, o cálculo da densidade será função da subtração do somatório total de áreas preenchidas na ficha de levantamento de campo menos o total de áreas de defeitos identificados interiormente aos defeitos PL01 e PL02, registrados com o código P ou I conforme já descrito. E o cálculo de d se dará pela seguinte expressão:

$$d = \frac{\text{área total de defeitos tipo PL01 ou PL02 em nível avançado} - \text{área total de defeitos com código P ou I}}{\text{área de PL dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

em que a área de paralelepípedos dentro da superfície de avaliação é dada pela multiplicação do comprimento da superfície de avaliação pela largura desse revestimento existente na SA.

Já para os mesmos defeitos PL01 e PL02, quando em nível de severidade inicial, o cálculo da densidade não requer a subtração:

$$d = \frac{\text{área total de defeitos tipo PL01 ou PL02 em nível inicial}}{\text{área de PL dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

Para os defeitos PL09 e PL17, em cada severidade, a densidade d está conceituada em função do número de ocorrências. Sendo assim, o sistema de cálculo do ICP deverá captar, para esses defeitos, o número de entradas de áreas de ocorrência ao invés de calcular tais áreas:

$$d = \frac{\text{número de ocorrências}}{\text{área de PL dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

Com relação aos demais defeitos de paralelepípedos, a densidade d deve ser calculada tomando o total de áreas de ocorrências e dividindo-se pela área de PL na superfície de avaliação:

$$d = \frac{\text{área total de ocorrências do defeito na severidade correspondente}}{\text{área de PL dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

2º) Extrair o valor de dedução individual de cada defeito em cada severidade (VDI):

De posse do valor da densidade d calculada no item anterior, deve-se buscar, na tabela de valores de dedução, para cada tipo de defeito em cada nível de severidade, o VDI correspondente.

3º) Calcular o valor de dedução total (VDT):

O VDT é o resultado da soma simples de todos valores VDI extraídos na tabela de valores de dedução.

4º) Obter o valor de dedução corrigido (VDC):

O valor de dedução corrigido (VDC) também é um número que está tabelado. Para obtê-lo, porém, é necessário calcular um índice q , que representa o número de defeitos encontrados em uma dada SA. Nos pavimentos com paralelepípedos, q será um inteiro entre 1 e 19, uma vez que são 19 os defeitos possíveis. O valor de q é independente dos níveis de severidade. Seu valor é a contagem simples dos tipos distintos de defeitos registrados:

$$q = \text{número de tipos de defeitos encontrados}$$

Quando $q = 1$, no entanto, $VDC = VDT$, e não há necessidade de corrigir o valor de dedução.

5º) Calcular o ICP de PL da superfície de avaliação:

O valor do ICP será a subtração de 100 menos o valor de dedução corrigido (VDC):

$$\text{ICP-V-PL de uma SA ou ICP-O-PL de uma SA} = 100 - \text{VDC}$$

6º) Repetir as etapas anteriores para as demais superfícies de avaliação;

7º) Calcular, por fim, o ICP de PL de um pavimento de uso exclusivo de ônibus ou de veículos em geral de um arco:

Os cálculos dos índices ICP-V-PL e ICP-O-PL devem ser feitos pela média ponderada dos ICP de PL obtidos nas diferentes SA, considerando as áreas de PL existentes em cada superfície de avaliação. Assim, supondo que haja duas superfícies de avaliação em um arco, denominadas de SA1 e SA2, cujas áreas de paralelepípedos existentes sejam área-PL-SA1 e área-PL-SA2, das quais tenham sido calculados os índices ICP-PL-SA1 e ICP-PL-SA2, os índices ICP de PL do arco serão:

$$\text{ICP-V-PL ou ICP-O-PL} = \frac{\text{área-PL-SA1} \times \text{ICP-PL-SA1} + \text{área-PL-SA2} \times \text{ICP-PL-SA2}}{\text{área-PL-SA1} + \text{área-PL-SA2}}$$

Pedras irregulares (PI) - Determinação de ICP-V-PI e ICP-O-PI

Conforme já explicitado, a primeira etapa de cálculo para definição dos índices ICP-V-PI e ICP-O-PI, se constitui na determinação de índices ICP de pedras irregulares em cada superfície de avaliação. Para tanto, dentro de uma superfície de avaliação, a qual está associada a uma ficha de levantamento de campo, deve-se proceder como se segue.

1º) Calcular a densidade de cada defeito em cada nível de severidade (d):

A densidade é a quantificação percentual da extensão existente de um dado tipo de defeito em uma dada severidade. Essa variável possui três formas diferentes de cálculo que estão vinculadas ao tipo de defeito e nível de severidade correspondente.

Para os defeitos PI01 e PI02, se estiverem em nível avançado, o cálculo da densidade será função da subtração do somatório total de áreas preenchidas na ficha de levantamento de campo menos o total de áreas de defeitos identificados interiormente aos defeitos PI01 e PI02, registrados com o código P ou I conforme já descrito. E o cálculo de d se dará pela seguinte expressão:

$$d = \frac{\text{área total de defeitos tipo PI01 ou PI02 em nível avançado} - \text{área total de defeitos com código P ou I}}{\text{área de PI dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

em que a área de pedras irregulares dentro da superfície de avaliação é dada pela multiplicação do comprimento da superfície de avaliação pela largura desse revestimento existente na SA.

Já para os mesmos defeitos PI01 e PI02, quando em nível de severidade inicial, o cálculo da densidade não requer a subtração:

$$d = \frac{\text{área total de defeitos tipo PI01 ou PI02 em nível inicial}}{\text{área de PI dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

Para os defeitos PI06 e PI14, em cada severidade, a densidade d está conceituada em função do número de ocorrências. Sendo assim, o sistema de cálculo do ICP deverá captar, para esses defeitos, o número de entradas de áreas de ocorrência ao invés de calcular tais áreas:

$$d = \frac{\text{número de ocorrências}}{\text{área de PL dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

Com relação aos demais defeitos de pedras irregulares, a densidade d deve ser calculada tomando o total de áreas de ocorrências e dividindo-se pela área de PI na superfície de avaliação:

$$d = \frac{\text{área total de ocorrências do defeito na severidade correspondente}}{\text{área de PI dentro da superfície de avaliação}} \times 100$$

2º) Extrair o valor de dedução individual de cada defeito em cada severidade (VDI):

De posse do valor da densidade d calculada no item anterior, deve-se buscar, na tabela de valores de dedução, para cada tipo de defeito em cada nível de severidade, o VDI correspondente.

3º) Calcular o valor de dedução total (VDT):

O VDT é o resultado da soma simples de todos valores VDI extraídos na tabela de valores de dedução.

4º) Obter o valor de dedução corrigido (VDC):

O valor de dedução corrigido (VDC) também é um número que está tabelado. Para obtê-lo, porém, é necessário calcular um índice q , que representa o número de defeitos encontrados em uma dada SA. Nos pavimentos com pedras irregulares, q será um inteiro entre 1 e 16, uma vez que são 16 os defeitos possíveis. O valor de q é independente dos níveis de severidade. Seu valor é a contagem simples dos tipos distintos de defeitos registrados:

$$q = \text{número de tipos de defeitos encontrados}$$

Quando $q = 1$, no entanto, $VDC = VDT$, e não há necessidade de corrigir o valor de dedução.

5º) Calcular o ICP de PI da superfície de avaliação:

O valor do ICP será a subtração de 100 menos o valor de dedução corrigido (VDC):

$$ICP-V-PI \text{ de uma SA ou } ICP-O-PI \text{ de uma SA} = 100 - VDC$$

6º) Repetir as etapas anteriores para as demais superfícies de avaliação;

7º) Calcular, por fim, o ICP de PI de um pavimento de uso exclusivo de ônibus ou de veículos em geral de um arco:

Os cálculos dos índices ICP-V-PI e ICP-O-PI devem ser feitos pela média ponderada dos ICP de PI obtidos nas diferentes SA, considerando as áreas de PI existentes em cada superfície de avaliação. Assim, supondo que haja duas superfícies de avaliação em um arco, denominadas de SA1 e SA2, cujas áreas de paralelepípedos existentes sejam área-PI-SA1 e área-PI-SA2, das quais tenham sido calculados os índices ICP-PI-SA1 e ICP-PI-SA2, os índices ICP de PI do arco serão:

$$ICP-V-PI \text{ ou } ICP-O-PI = \frac{\text{área-PI-SA1} \times ICP-PI-SA1 + \text{área-PI-SA2} \times ICP-PI-SA2}{\text{área-PI-SA1} + \text{área-PI-SA2}}$$