

# ANAIIS

33ª

RAPV

Reunião Anual de  
Pavimentação



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA  
DE PAVIMENTAÇÃO



Associação Catarinense  
de Engenheiros



**CentroSul**  
CENTRO DE CONVÊNIOS DE FLORIANÓPOLIS

20a23  
NOV2001  
Florianópolis - SC

**33ª REUNIÃO ANUAL DE  
PAVIMENTAÇÃO  
FLORIANÓPOLIS/SC**

**CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DE QUALIDADE DE VIAGEM  
E SUAS RELAÇÕES COM A DISTRIBUIÇÃO DE  
DEFEITOS EM SEGMENTOS DE RODOVIAS**

**Daroncho, Celio<sup>1</sup>  
Felex, José Bernardes<sup>2</sup>**

*Do224c*

1. Engenheiro Civil, Mestrando, Escola de Engenharia de São Carlos – USP
2. Engenheiro Civil, Professor Titular, Escola de Engenharia de São Carlos – USP

1. Av. Trabalhador São-carlense, 400 – 13566-590 – São Carlos (SP)  
e-mail: [cdar@sc.usp.br](mailto:cdar@sc.usp.br)
2. Av. Trabalhador São-carlense, 400 – 13566-590 – São Carlos (SP)  
e-mail: [felex@usp.br](mailto:felex@usp.br)

**4ª Seção Técnica - Trabalho 087**

33ª RAPv - Reunião Anual de Pavimentação					
Trabalhos apresentados por Seção técnica					
Nº	TÍTULO DO TRABALHO	AUTORES	EMPRESA / CARGO	E-MAIL	Página
3ª Sessão Técnica - Construção e Controle de Obras					
052	Avaliação de Dois Anos de Programa Interlaboratorial de Asfalto	Rita Moura Fortes	Dr. Eng., Diretora Técnica, LENC - Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C Ltda	<a href="mailto:rita@lenc.com.br">rita@lenc.com.br</a>	878
		João Virgílio Merighi	Chefe de Depto de Engª Civil da Escola de Engª da Universidade Presbiteriana Mackenzie		
		Alexandre Zuppolini Neto	Ms. Eng., Diretor Presidente, LENC - Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C Ltda	<a href="mailto:alexandre@lenc.com.br">alexandre@lenc.com.br</a>	
		Luiz Eduardo de S. Ribeiro	Chefe do Depto da Divisão de Credenciamento de Laboratórios e de Provedores de Ensaios de Proficiência (DiCLA) do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)		
		João Carlos Marques	Consultor da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP)		
		Devanir Cabral Lima	Professora do Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo - CEFET/SP		
4ª Sessão Técnica - Manutenção de Pavimentos					
096	Programa de Gerenciamento das Rodovias do Estado/RS	Carlos Alexandre Pinto Toniolo	Engº Civil	<a href="mailto:daersmpe@pro.via-rs.com.br">daersmpe@pro.via-rs.com.br</a>	893
121	Sistema de Gerência de Manutenção para Estradas Não-Pavimentadas	José Alysson Benício Correia	Engº Civil, Mestrando em Engª de Transportes, PETRAN/NUPELTD/DET/UFC	<a href="mailto:alysson@det.ufc.br">alysson@det.ufc.br</a>	909
		Ernesto Ferreira Nobre Júnior	Doutor em Engª de Transportes, Prof. Adjunto, NUPELTD/DET/UFC	<a href="mailto:nobre@det.ufc.br">nobre@det.ufc.br</a> <a href="mailto:nobrejr@fortalnet.ufc.br">nobrejr@fortalnet.ufc.br</a>	
		Antônio Fortunato Marcon	Doutor em Engª de Transportes, Professor da UFSC (NUPELTD)	<a href="mailto:afmarcon@dar.sc.gov.br">afmarcon@dar.sc.gov.br</a>	
120	Custos em Conservação de Rodovias	José Alysson Benício Correia	Engº Civil, Mestrando em Engª de Transportes, PETRAN/NUPELTD/DET/UFC	<a href="mailto:alysson@det.ufc.br">alysson@det.ufc.br</a>	915
		Ernesto Ferreira Nobre Júnior	Doutor em Engª de Transportes, Prof. Adjunto, NUPELTD/DET/UFC	<a href="mailto:nobre@det.ufc.br">nobre@det.ufc.br</a> <a href="mailto:nobrejr@fortalnet.ufc.br">nobrejr@fortalnet.ufc.br</a>	
087	Contribuição à Análise de Qualidade de Viagem e Suas Relações com a Distribuição de Defeitos em Segmento de Rodovias	Celio Daroncho	Engº Civil, Mestrando, Escola de Engenharia de São Carlos/USP	<a href="mailto:cdar@sc.usp.br">cdar@sc.usp.br</a>	921
		José Bernardes Felex	Engº Civil, Professor Titular, Escola de Engenharia de São Carlos/USP	<a href="mailto:felex@usp.br">felex@usp.br</a>	
075	Estudo Comparativo entre Métodos de Projeto de Reabilitação de Pavimentos Flexíveis	Cássio Eduardo Lima de Paiva	Engº Civil, Prof. Dr., UNICAMP	<a href="mailto:celpaiva@fec.unicamp.br">celpaiva@fec.unicamp.br</a>	933
		Thayse Balarotti Pedrazi	Engº Civil, Mestranda/UNICAMP	<a href="mailto:thayse@fec.unicamp.br">thayse@fec.unicamp.br</a>	
076	Análise Econômica da Manutenção de Um Pavimento Rígido de Concreto	Cássio Eduardo Lima de Paiva	Doutor em Transportes, Engº Civil, Professor, UNICAMP	<a href="mailto:celpaiva@fec.unicamp.br">celpaiva@fec.unicamp.br</a>	946
		Gustavo Garnett Neto	Engenheiro Civil, Mestrando em Geotecnia e Transportes - UNICAMP	<a href="mailto:garnett@terra.com.br">garnett@terra.com.br</a>	
062	O Concreto de Alto Desempenho do Pavimento da Ponte Rio-Niterói	Haroldo Stewart Dantas	Engenheiro	<a href="mailto:denco@uol.com.br">denco@uol.com.br</a>	959
110	Técnicas de Reabilitação de Pavimentos Rígidos Viários	Lucas Bach Adada	Engº Civil, Prof. da PUC/PR, Gerente Técnico da AMODAL Serviços de Engª Ltda	<a href="mailto:lucasbach@netnar.com.br">lucasbach@netnar.com.br</a>	976
		Mário Henrique Furtado Andrade	Engº Civil, Mestre em Engª de Transportes, Prof. Assistente da UFPR, Dir. Téc. da AMODAL Serv. de Engª Ltda	<a href="mailto:amodal@netbank.com.br">amodal@netbank.com.br</a>	
		Antônio Fortunato Marcon	Dr. (ITA), Prof. Adjunto IV da UFSC	<a href="mailto:ecv1afm@ecv.ufsc.br">ecv1afm@ecv.ufsc.br</a>	
085	Estudo dos Fatores Intervenientes no Desempenho de Pavimentos Executados com Solos Residuais Saprolíticos	Adolfo Machado de Magalhães	M. Sc. (UFSC), Engº Consultor da Empresa AMODAL Serviços de Engª Ltda	<a href="mailto:amodal@netbank.com.br">amodal@netbank.com.br</a>	999
		Antônio Fortunato Marcon	Dr. (ITA), Prof. Adjunto IV da UFSC	<a href="mailto:ecv1afm@ecv.ufsc.br">ecv1afm@ecv.ufsc.br</a>	

# 33ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO

FLORIANÓPOLIS/SC

## Contribuição à análise de qualidade de viagem e suas relações com a distribuição de defeitos em segmentos de rodovias

Daroncho, Celio<sup>1</sup>

Felex, José Bernardes<sup>2</sup>

1. Mestrando – Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos – USP [cdar@sc.usp.br]

2. Professor – Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos – USP [felex@usp.br]

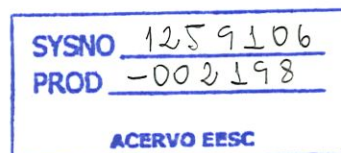
### RESUMO

Relatam-se e discutem-se resultados obtidos em tentativa para mostrar que distribuições estatísticas de contagens ou medidas sobre características de variáveis que descrevem defeitos na superfície de pavimentos, quando associadas às distribuições de notas atribuídas às viagens em segmentos de rodovias, podem ser úteis para análise da qualidade de viagens, e fornecer informações que contribuem para facilitar estudos sobre prioridades de manutenção em rodovias, identificar e sugerir ações para melhorar a eficiência e eficácia na conservação de vias. Os dados usados foram coletados de janeiro a março de 2001 em rodovias vicinais próximas a Araraquara, estado de São Paulo. Foram observados 37 segmentos onde se contaram, mediram e classificaram defeitos, e coletaram-se notas atribuídas por observadores sobre o pavimento. O processamento de dados e o uso de métodos da estatística para investigar relações foram usados para verificar a existência de relações entre os resultados de medidas, contagens e notas, e obtenção de função para estimativa de notas atribuídas por observadores, mostrando que notas atribuídas a segmentos de rodovias podem ser estimadas. As conclusões relatadas atêm-se ao caso estudado, mas indicaram que o processo adotado pode ser usado em outros casos similares. Sugere-se o uso do processo desenvolvido para estabelecer prioridades de estudo de soluções técnicas para intervenção e melhoria de pavimentos.

### 1. INTRODUÇÃO

*Defeitos na superfície do pavimento* são desarranjos que contribuem para aumentar ou gerar sensações de desconforto aos que viajam por rodovias, ou ainda dificultar o tráfego de veículos. *Defeito*, segundo AUSTROADS (1987), é uma evidência visível na superfície da via que afete o tráfego de veículos, a capacidade estrutural, ou a aparência de pavimento.

*Severidade de defeito em pavimento*, ou simplesmente, *severidade*, é a dificuldade, ou o volume de dificuldades que um determinado defeito impõe ao movimento de veículos. Em outras palavras, é uma medida da dificuldade imposta ao movimento de veículo por um determinado defeito. A classificação mais usual para a severidade é: *não aplicável, baixa, média ou alta*. SHRP (1993) sugere tipos de severidade, métodos e processos para medir e classificar defeitos.



Dentre os itens para estudo sobre a qualidade de viagens por rodovias está conhecer o grau de satisfação dos que viajam e esperam ver atendidas as suas expectativas de conforto, segurança e economia. Trafegar pelo pavimento fornece parcela das sensações de conforto e segurança que define a qualidade das viagens. A afirmativa equivale a dizer que os pavimentos devem “prestar serviços” fornecendo a superfície para tráfego de veículos com a qualidade física que facilite o movimento e transmita esforços de maneira coerente entre a estrutura da via e os pneus.

O objetivo principal deste trabalho é relatar e discutir resultados parciais obtidos em tentativa para mostrar que distribuições estatísticas de contagens ou medidas sobre características de variáveis que descrevem defeitos na superfície de pavimentos, quando associadas às distribuições de notas atribuídas às viagens em segmentos de rodovias podem ser úteis para análise da qualidade de viagens, e fornecer informações que contribuem para facilitar estudos sobre prioridades de manutenção em rodovias, identificar e sugerir ações para melhorar a eficiência e eficácia na conservação de vias.

As definições e conceitos sobre componentes de vias usados para orientar o estudo de relações entre características de pavimentos e qualidade de viagem do ponto de vista dos que usam rodovias têm origem em documentos como: CAREY & IRICK (1960), DNER (1978, 1983, 1994), HUDSON (1991), SHRP (1993), HAAS & HUDSON (1996), MELO (1998), PADULA (1999), FREITAS (2000), VASCONCELOS (2000), PALMA (2000) e HAAS, HUDSON & ZANIEWSKI (1994).

As variáveis e características usadas para orientar raciocínios e tratamentos estatísticos sobre qualidade de viagem pelos segmentos das rodovias foram:

- a) Distribuição de notas às viagens por segmentos das rodovias por avaliadores treinados, conforme proposto por CAREY & IRICK (1960) para estudos sobre qualidade de viagens e comportamento de pavimentos, e o procedimento PRO 07/78 (DNER, 1978);
- b) Dados sobre formato e características de funcionamento de seções transversais de rodovias;
- c) Distribuições de contagens ou medidas sobre características de defeitos nos segmentos de rodovias, conforme proposto em SHRP (1993) e AUSTROADS (1987).

## **2. BASES TEÓRICAS**

O uso de notas para estimar índices que expressem o nível para a qualidade do tráfego de veículos sobre o pavimento foi proposto por CAREY & IRICK (1960), e discutido ou estudado por vários autores, dentre eles, GARG *et al.* (1988); FWA & GAN (1989); GUALDA *et al.* (1992); AL-OMARI & DARTER (1994) e GULEN *et al.* (1994).

A satisfação do usuário da rodovia e as especificações técnicas sobre os componentes da via são os dois principais elementos que orientam a análise da qualidade da superfície do pavimento. Diz MELO (1998) que: “a avaliação de nível para a qualidade do serviço ao tráfego de veículos pela superfície de pavimento é complexa porque envolve o estudo da interação entre três entes, o veículo, o perfil longitudinal da superfície de tráfego da rodovia e as sensações de motoristas e passageiros”. A avaliação do desempenho de pavimentos envolve estudos sobre o

comportamento de uma seção ou comprimento de pavimento do ponto de vista de motoristas e passageiros (HAAS, HUDSON & ZANIEWSKI, 1994).

Para identificar quais as distribuições de medidas sobre características físicas do pavimento seriam as variáveis utilizadas para explicar o comportamento da superfície de pavimentos, estudos sobre resultados de observações na pista experimental da AASHO identificaram a dependência entre distribuições de respostas a avaliações por grupos de pessoas e medidas sobre características físicas de pavimentos (HRB, 1961). Assim, a estrutura teórica da qualidade de viagens, usual para a análise de serviços prestados pelo pavimento, resultou de estudos sobre o comportamento de pavimentos da pista experimental da AASHO, exposto por CAREY & IRICK (1960) e AASHO (1962), e pode ser resumida:

- a) Observadores treinados atribuíam notas à viagem pelo pavimento;
- b) Identificavam-se relações entre características de componentes da superfície e distribuições de defeitos em pavimentos;
- c) E, a análise sobre conjuntos desses dados, usando métodos estatísticos, passou a ser um instrumento para o estudo das relações entre as características de pavimentos e as notas que avaliadores atribuíram ao conforto de viagens.

Para estudos sobre as distribuições de ocorrência e classificação dos defeitos é usual dividir a rodovia em segmentos, e dentre os processos adotados destacam-se:

- a) ES 128/83 (DNER, 1983), que sugere segmentos de 100m de comprimento em segmentos rodoviários de no mínimo 300m e no máximo 20km de comprimento;
- b) SHRP (1993), que sugere demarcações de segmentos com 152,50m de comprimento, sendo feito demarcações em intervalos de 15,25m (50 pés) até se atingir os 152,50m (500 pés) do segmento, assim sendo, o segmento terá 10 demarcações de 15,25m (50 pés) pela largura da rodovia;
- c) AUSTROADS (1987), que não sugere um tamanho específico de segmento,
- d) PRO 008/94 (DNER, 1994), que sugere segmentos localizados a cada 20m alternados em relação ao eixo da pista de rolamento (40 em 40m em cada faixa de tráfego), para rodovias de pista simples, sendo a amostra demarcada 3m antes e 3m depois da estação considerada.

### **3. COLETA DE DADOS**

Os dados usados foram coletados de janeiro a março de 2001 observando rodovias vicinais situadas próximas a Araraquara, estado de São Paulo. Foram estudados 72,3km das vias que unem Araraquara à Gavião Peixoto, Gavião Peixoto à Nova Paulicéia, Nova Paulicéia a Nova Europa, Nova Europa à Entrada da ligação entre Gavião Peixoto com o segmento entre Nova Europa e a Via Washington Luis. Uma melhor descrição sobre as vias analisadas foi publicada em PADULA (1999), FREITAS (2000), VASCONCELOS (2000) e PALMA (2000),

Para levantamento dos dados:

- a) Os segmentos observados foram divididos em intervalos de 600m, 120 intervalos, dos quais sortearam-se 37 intervalos – um número de amostras que pode produzir resultados com distribuição normal, aqui denominados “segmentos observados”;
- b) O procedimento adotado para contar, medir e classificar defeitos em segmentos de pavimento foi descrito em SHRP (1993), e complementado com o que se propôs em AUSTROADS (1987). Os tipos de defeitos e severidade definem trinta e uma variáveis que devem ser observadas – a tabela 1 relata os tipos de defeitos, definições e processos para contar ou medir adotados. A tabela 2, publica o resultado das observações efetuadas;
- c) Uma análise sobre os dados contidos na tabela 2 indica que não ocorreram defeitos dos tipos “remendo com severidade baixa”, “buracos”, “desgaste com severidade alta”, “desgaste com severidade baixa”, “exsudação”, “trincas longitudinais”, “trincas por fadiga com severidade alta”, “trinca em bloco”, “trinca de bordas com severidade média”, “trinca transversal”, “afundamento na trilha de roda”, “corrugação” ou “bombeamento”;
- d) Para conhecer uma estimativa da distribuição de notas atribuídas por observadores sobre o pavimento adotou-se o procedimento proposto em DNER PRO 07/78, DNER (1978). Foram 32 observadores treinados. A tabela 3 publica as médias e desvios padrão dos resultados obtidos.

#### 4. PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Usou-se de métodos da estatística para investigar relações entre medidas, ou contagens sobre variáveis distintas, e responder às questões:

- a) Existem relações entre as medidas simultâneas sobre conjuntos distintos de variáveis?
- b) Qual é a função para estimativa de medidas sobre uma variável a partir das outras?

Define-se como *regressão* às relações entre médias de medidas sobre uma variável aleatória e valores correspondentes de medidas simultâneas sobre uma ou mais variáveis. *Análise de regressão* é o estudo de funções numéricas para exprimir relações entre médias de medidas e contagens. HOFFMANN & VIEIRA (1977), páginas 107 a 132, expõem que, para  $n$  observações, simultâneas, se o índice “ $j$ ” variar entre 1 e  $k$ ; o índice “ $i$ ”, entre 1 e  $n$ , uma função para estimativa da variável “ $y$ ” em função da variável “ $x$ ” pode ser:

$$y = a + \sum b_i x_{ij} + u_i$$

Onde:  $a$  é uma constante, conhecida por *intercepto*; os “ $b$ ” são constantes estimadas e conhecidas como *coeficientes de regressão*; “ $u$ ” é o *resíduo de estimativa da medida*  $y_i$ .

A verificação da *qualidade das estimativas* se confunde com a análise da significância dos coeficientes de regressão da função para estimativa. Usam-se testes de hipótese controlados pela estatística “*F*” para orientar a análise sobre a existência das relações entre as medidas sobre as variáveis, e o “*t*” de *Student* para controle da significância estatística dos coeficientes da função para estimar as medidas sobre a variável dependente.

Para facilitar a escolha das medidas de variáveis cujas relações lineares com as medidas da variável dependente são significantes existem processos denominados “*regressão passo a passo por acréscimo de variáveis*”, que podem ser resumidos do exposto por DRAPER & SMITH (1981), páginas 294 a 313:

- a) Estimar e ordenar os coeficientes de correlação parciais entre as variáveis dependentes e a variável independente;
- b) Testar as funções obtidas para estimativa da variável dependente, acrescentando os conjuntos de resultados de medidas sobre as variáveis independentes na ordem crescente dos coeficientes de correlação parciais;
- c) O critério para que o processo continue é o crescimento do coeficiente de correlação múltipla em relação à tentativa anterior;
- d) O critério para que as medidas sobre uma variável continuem na função para estimativa é que  $F_p$ , para a variável independente sob discussão seja maior que a estatística  $F$  obtida para a regressão, ou seja, que no conjunto de relações estudado exista a significância da participação das medidas da variável independente analisada.

Os dados foram processados usando o programa para computador STATISTICA’99 (MATHSOFT, 1999). A técnica usada foi a “regressão linear múltipla passo a passo”, usando conceitos expostos em HOFFMANN & VIEIRA (1977), DRAPER & SMITH (1981). Assim verificou-se que a existência da função para estimativa de notas a partir de dados observados nos segmentos estudados obtida pode ser descrita:

- a) Existem relações entre as medidas sobre o conjunto de características de defeitos observados e as médias das notas atribuídas pelos avaliadores porque o coeficiente de correlação ajustado ( $R^2_{\text{ajustado}}$ ) foi estimado em 0,6249, valor que é maior que  $R(37 \text{ graus de liberdade; confiança } 0,05) = 0,327$ , estimado por interpolação a partir da tabela publicada em CHASE & BOWN (1992), página A-22;
- b) Existem os coeficientes da função de estimativa obtida por análise de regressão “passo a passo” porque a estatística  $F(8;28)$  foi estimada em 8,4982, valor maior que  $F(8 \text{ variáveis participando da função; } 28 \text{ graus de liberdade; confiança } 0,05) = 2,29$ , estimado por interpolação a partir da tabela publicada em DRAPER & SMITH, página 533.

A tabela 4 resume os coeficientes de regressão obtidos e resultados da verificação da significância desses parâmetros por comparação de valores estimados para a função de regressão e o *t* de *Student*,  $t(28 \text{ graus de liberdade}) = 1,701$ , publicado em CHASE & BOWN (1992), página A16. Em resumo:



- a) Participam da função para estimativa e têm coeficientes “significativos” as medidas sobre as variáveis “remendo com severidade média,  $X_1$ ”; “desgaste com severidade média,  $X_2$ ”; “remendo com severidade alta,  $X_3$ ”; “trinca por fadiga com severidade média,  $X_4$ ”; “degrau no acostamento,  $X_5$ ”;
- b) Participam da função para estimativa e têm coeficientes “não significativos” as medidas sobre as variáveis “trinca de borda com severidade baixa,  $X_6$ ”; “trinca de borda com severidade alta,  $X_7$ ”; “trinca por fadiga com severidade baixa,  $X_8$ ”.

Assim, a função para estimativa de notas atribuídas para a qualidade de viagem por observadores treinados em função de resultados das inspeções físicas sobre a superfície do pavimento pode ser escrita:

$$Nota Estimada = 3,51144 - 0,00079 X_1 - 0,00058 X_2 - 0,00071 X_3 - 0,00073 X_4 + 0,00473 X_5$$

O uso da análise de regressão no estudo de relações entre notas atribuídas por avaliadores à qualidade de viagem por segmentos de rodovias e distribuições de medidas ou contagens sobre características de variáveis que descrevem os defeitos de superfície de pavimentos permitiu:

- a) Comprovar a existência de relações entre notas atribuídas por avaliadores à qualidade de viagem por segmentos de rodovias e distribuições de medidas ou contagens sobre características de variáveis que descrevem os defeitos
- b) Mostrar que existe e tem coeficientes significantes uma função para estimativa de notas atribuídas por avaliadores à qualidade de viagem por segmentos de rodovias;
- c) A análise de regressão identificou os tipos de defeitos que mais participam da formação das sensações de conforto e segurança do ponto de vista dos que viajam pelas vias.

## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Relataram-se e discutiram-se resultados obtidos em tentativa para mostrar que distribuições estatísticas de contagens ou medidas sobre características de variáveis que descrevem defeitos na superfície de pavimentos, quando associadas às distribuições de notas atribuídas às viagens em segmentos de rodovias podem ser úteis para análise da qualidade de viagens, e fornecer informações que contribuem para facilitar estudos sobre prioridades de manutenção em rodovias, identificar e sugerir ações para melhorar a eficiência e eficácia na conservação de vias.

Essas informações indicam que notas atribuídas a segmentos de rodovias podem ser estimadas por funções de estimativa obtidas por análise de regressão usando-se dados de distribuição de medidas ou contagens sobre a ocorrência de tipos de defeitos no pavimento.

As conclusões atêm-se ao caso estudado, mas indicam que o processo adotado pode ser usado em outros casos similares. Sugere-se o uso do processo desenvolvido para estabelecer prioridades de estudo de soluções técnicas para intervenção e melhoria de pavimentos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AL-OMARI, B.; DARTER, M. I. (1994). *Relationships between international roughness index and present serviceability rating*. Transportation Research Record, n.1435, p. 130 - 136.
- (2) AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS (1962). *"The AASHO roads test: report 5-pavement research"* - HRB Special Report 61 E - Washington, D.C.
- (3) AUSTROADS (1987). *A Guide to the Visual Assessment of Pavement Condition*. Report. Sydney.
- (4) CAREY, W. N.; IRICK, P. E. (1960). *The pavement serviceability - performance concept*. Highway Research Board, 250. p. 40 - 58.
- (5) CHASE, W. & BOWN, F. (1992). *General Statistics*. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, Inc.
- (6) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1978). *Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos*. Procedimento. DNER - PRO 007-78. Rio de Janeiro.
- (7) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1983a). *Levantamento da Condição de Superfície de Segmentos-testemunha de Rodovias de Pavimento Flexível ou Semi-rígido para Gerência de Pavimento à Nível de Rede*. Especificação. DNER - ES 128-83. Rio de Janeiro.
- (8) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1994). *Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos*. Procedimento. DNER - PRO 008-94. Rio de Janeiro.
- (9) DRAPER, N.R. & SMITH, H. (1981). *Applied Regression Analysis*, 2.ed. New York, John Wiley & Sons, Inc.
- (10) FELEX, J. B. (1983). *O usuário: um instrumento de avaliação*. São Carlos. 203p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- (11) FELEX, J. B. (1990). *Regiões, habitantes e transportes*. São Carlos. 66p Tese (Livre-docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- (12) FREITAS, R. R. (2000). *Seção transversal de rodovias vicinais, qualidade de viagens e comportamento de pavimentos*. São Carlos. 61p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- (13) FWA, T. F.; GAN, K. T. (1989). *Bus-ride panel rating of pavement serviceability*. *Journal of Transportation Engineering*, n. 115 (2), p. 171 - 191.

- (14) GARG, A.; HOROWITZ, A.; ROSS, F. (1988). *Establishing relationships between pavement roughness and perception of acceptability*. Transport Research Record, n. 196, p. 276-285.
- (15) GUALDA, N. D. F.; BALBO, J. T.; BERNUCCI, L. B.; TONDO, C. M.; TALLARICO, L. C. (1992). *Planejamento da manutenção de pavimento na cidade de São Paulo*. In: VI CONGRESSO DE ENSINO E PESQUISA EM TRANSPORTES, Rio de Janeiro, 1992. Anais. Rio de Janeiro, ANPET. v. I, p. 442 - 450.
- (16) GULEN, S.; WOODS, R.; WEAVER, J.; ANDERSON, V.L. (1994). *Correlation of present serviceability rating with international roughness index*. Transportation Research Record, n. 1435, p. 27 - 37.
- (17) HAAS, R.; HUDSON, W. R. (1996). *Defining and serving clients for pavements*. Transportation Research Board, n. 1524, p. 1 - 9.
- (18) HAAS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. (1994). *Modern pavement management*. Malabar / Florida, Krieger Publishing Company. Cap. 10, p. 131 - 153.
- (19) HOFFMANN, R. & VIEIRA, S. (1977). *Análise de regressão. Uma introdução à econometria*. EDUSP. São Paulo.
- (20) HUDSON, W. R. (1991). *Are pavements built for the user?* ASTM Standardization News. v. 19, n. 2, p. 42 - 51.
- (21) MATHSOFT (1999). *STATISTICA 99*. Programa para computador. Tulsa.
- (22) MELO, R. A. (1998). *Avaliadores, notas e qualidade de pavimentos*. São Carlos. 107p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- (23) PADULA, F. R. G. (1999). *Qualidade de pavimentos e auditoria*. São Carlos. 73p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- (24) PALMA, J. (2000). *Da avaliação de equipamentos para drenar à qualidade de viagens em rodovias*. São Carlos. 90p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- (25) SHRP STRATEGIC HIGHWAY RESEARCH PROGRAM (1993). *Distress Identification Manual For The Long-term Pavement Performance Project*. Publication SHRP-P-338, National Research Council. Washington, D.C.
- (26) VASCONCELOS, R. E. (2000). *Harmonia na Geometria, Seção Transversal, Perfil Longitudinal e Velocidades em Rodovias*. São Carlos. 66p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

**Tabela 1 - Tipos, definições e classificação de defeitos adotados. Adaptação de SHRP (1993)**

<b>Grupo de defeitos com classificação de severidade “baixa”, “média” ou “alta”</b>	
<p><b>Remendo</b> Parcela do pavimento maior que <math>0,10m^2</math> que foi removida e recolocada, ou material adicional aplicado no pavimento</p>	<p><b>Trinca longitudinal</b> Trincas predominantemente paralelas ao eixo do pavimento.</p>
<p><b>Buraco</b> Ocorrência de cavidade no pavimento, com dimensão mínima maior que <math>15cm</math>.</p>	<p><b>Trinca por fadiga</b> Trincas por perda de resistência do revestimento, são interconectadas, produzem polígonos com número de lados variáveis, peças com ângulos agudos em geral menores que <math>30cm</math> no lado maior. A aparência é de “tela de galinheiro” ou “couro de crocodilo”.</p>
<p><b>Exsudação</b> Excesso de betume na superfície do pavimento, a superfície se torna refletiva e pegajosa.</p>	<p><b>Trinca em blocos</b> Trincas interconectadas, formando peças aproximadamente retangulares, com dimensões entre <math>0,1</math> e <math>10m^2</math>, os lados variam de <math>30cm</math> a <math>3m</math>.</p>
<p><b>Desgaste</b> O deslocamento da camada superficial em pavimentos construídos com misturas a quente de alta qualidade, provoca o deslocamento de partículas de agregados e perda de betume.</p>	<p><b>Trinca de bordas</b> Trincas de abertura crescente, ou pouco contínuas, que interceptam a borda do pavimento, iniciam-se em aproximados <math>60cm</math> da borda adjacente ao acostamento de vias com acostamento não pavimentado, incluem-se as trincas longitudinais até <math>60cm</math> da borda.</p>
	<p><b>Trinca Transversal</b> Trincas predominantemente perpendiculares ao eixo da via e que não coincidam com juntas de pavimento de concreto pré-existente.</p>
<b>Grupo de defeitos onde não se aplicam classificações para a severidade</b>	
<p><b>Afundamento na Trilha de Roda</b> Depressão longitudinal do pavimento nas trilhas das rodas.</p>	<p><b>Degrau no acostamento</b> Desnível entre a superfície de tráfego e o acostamento.</p>
<p><b>Corrugação</b> Deslocamentos longitudinais de materiais da superfície de pavimentos podem ser associados a deslocamentos verticais.</p>	<p><b>Bombeamento</b> Percolação ou ejeção de água para a superfície do pavimento através de trincas, em alguns casos é detectável através da visualização de depósito de material fino na superfície.</p>

**Tabela 2 – Distribuições de contagens e medidas sobre características de defeitos**

Segmento	Degrau acostamento (mm)	Remendos (m²)		Desgaste (m²)	Trincas			
					Por Fadiga (m²)		De Bordas (m)	
		Severidade						
		Média	Alta	Média	Baixa	Média	Baixa	Alta
11	35	207	150	100				450
12	100	315		1200	600	300		300
13	75	125	600	400		900		550
14		500	800	450		400		
15	75	200	600	50		900		
16	50	750	945		300	300		300
17	95	90		1050			600	
18		475				900		
19						600		
20		150			400		600	
21	25		1300	200		500		300
22	15	200	500	1000	500			
23	200	300				1200		
24	30	300		1500		1200	400	
25		250		800			300	
26	100	1200			600			600
27		1300						600
28								
29								
30							600	
31							600	
32					600		600	
33	50		600					300
34							600	
35							300	
36	50							
37								
38	70							
39	90			300				
40	50				100		400	
41	100				1200			
42	150							
43	50							
44	50						200	
45								
46	40							
47	40							

**Tabela 3 – Relação de notas atribuídas pelos avaliadores a cada segmento**

Segmentos	Média	Desvio Padrão	Segmentos	Média	Desvio Padrão
11	2,38	0,55	29	3,00	0,80
12	1,97	0,65	30	2,06	0,67
13	1,91	0,73	31	2,81	1,06
14	1,72	0,77	32	2,88	0,91
15	2,00	0,88	33	3,22	0,87
16	1,28	0,52	34	3,50	0,72
17	2,75	0,72	35	3,59	0,91
18	2,84	0,68	36	3,63	0,75
19	3,22	0,75	37	3,75	0,80
20	2,78	0,87	38	3,28	0,89
21	2,59	0,80	39	4,03	0,74
22	2,59	0,76	40	4,09	0,73
23	3,41	0,87	41	3,56	0,84
24	1,41	0,56	42	4,09	0,69
25	2,72	0,73	43	4,31	0,74
26	2,25	0,76	44	4,06	0,80
27	2,13	0,71	45	3,97	0,74
28	2,16	0,81	46	3,91	0,89
			47	3,91	0,59

**Tabela 4 - Qualidade dos coeficientes da função para estimativa das notas**

Tipo de defeito	Coeficiente	t(28) <sub>estimado</sub>	Qualidade do coeficiente
Intercepto	3,51144	21,7050	<b>Significativos</b>
Remendo com severidade média	-0,00079	-2,0802	
Desgaste com severidade média	-0,00058	-2,4855	
Remendo com severidade alta	-0,00071	-2,2578	
Trinca de fadiga com severidade média	-0,00073	-2,5857	
Degrau no acostamento	0,00473	2,3040	
Trinca de borda com severidade baixa	-0,00073	-1,7222	<b>Não significativos</b>
Trinca de borda com severidade alta	-0,00104	-1,5697	
Trinca por fadiga com severidade baixa	-0,00039	-1,1110	