

8 - Análise dos Resultados da Avaliação das Estradas Não-Pavimentadas

8.1 - Introdução

Na análise dos resultados procurou-se identificar quais os tipos de defeitos mais frequentes em função dos diferentes tipos de solos, das rampas, das condições climáticas (chuva ou seca) e do tráfego. Com base no levantamento de campo, foi feita uma apreciação crítica do método utilizado na avaliação das condições da superfície de rolamento das estradas não-pavimentadas. Existem diferenças entre os defeitos descritos no método e os defeitos identificados aqui no Município. Isso ocorreu porque características, como o tipo de solo, o clima, o tráfego etc são bastantes distintas de uma região para outra. Outro fator que deve influenciar as condições da estrada é a manutenção.

8.2 - Análise dos Resultados

Com a avaliação de campo, pode-se constatar que os maiores problemas surgem devido à seção transversal inadequada e a ausência ou deficiência do sistema de drenagem. Essas características, juntamente com o tráfego e a ação das intempéries, acabam acelerando o processo de deterioração da superfície das estradas não-pavimentadas, principalmente quando não existe manutenção adequada. Na maioria das vezes, a estrada é encaixada no terreno, dificultando o escoamento de água para as laterais. Outra característica importante é o tipo de solo da superfície, que influencia na

formação dos defeitos. Em estradas com solo arenoso, os defeitos mais comuns são os buracos em trechos planos, as ondulações, os problemas de erosão em trechos com rampas acentuadas (maior que 8%), os areiões em trechos planos e o "facão".

Nas estradas com solo argiloso, os defeitos mais freqüentes em épocas de chuvas são: os atoleiros em trechos planos, fundos de vale e em trechos com rampas acentuadas, nos locais que antecedem as lombadas e os problemas de pista escorregadia, tanto em trechos planos como em rampas. Em épocas de seca, os principais defeitos são: as ondulações irregulares em trechos planos e com rampas, a poeira e a segregação de agregados, em trechos com rampas acentuadas (maior que 8%), em que foi acrescentada uma camada de material granular (material importado), sem compactação adequada. Os defeitos identificados no levantamento de campo são descritos no item 8.4.

8.3 - Apreciação Crítica do Método de Avaliação de EATON et al.

O método de avaliação das condições da superfície de rolamento das estradas não-pavimentadas desenvolvido por EATON et al. (1987) apresenta alguns pontos que não foram possíveis de serem seguidos. O método propõe que os trechos sejam escolhidos com o veículo em movimento, operando a uma velocidade constante de 40 km/h. Isso não foi possível, pois para identificar alguns defeitos subjetivamente era preciso reduzir a velocidade.

Segundo o método deve ser escolhido pelo menos um trecho a cada 1600 metros e, para isso, o avaliador deve percorrer a estrada uma vez e selecionar os trechos mais críticos. Devido à falta de experiência dos avaliadores para definir quais os trechos mais críticos, foi necessário percorrer a estrada três vezes, o que fez com que se perdesse muito tempo nas primeiras estradas.

Outra dificuldade encontrada foi na identificação dos defeitos. As definições propostas no método não são suficientes para diferenciar/

identificar os defeitos encontrados na região de São Carlos. Os defeitos são apresentados como formas geométricas definidas, o que não acontece na prática. A maioria dos buracos não são redondos ou mesmos ovais; as ondulações não ocorrem em intervalos muito regulares, nem as trilhas de rodas possuem profundidades dos sulcos constantes; às vezes, as ondulações são confundidas com os buracos e fica difícil identificar problemas de drenagem lateral inadequada, pois a estrada não possui acostamento, e portanto, a lateral faz parte da pista de rolamento.

Alguns defeitos identificados nos trechos (areiões, atoleiro, facão, erosão) não constavam na relação de tipos de defeitos do método. O método propõe que esses defeitos sejam classificados de acordo com as características apresentadas, da seguinte forma: os areiões como agregados soltos, o facão como trilhas de rodas, as irregularidades como corrugações e os atoleiros como defeito de seção transversal inadequada. Na maioria dos trechos avaliados, os defeitos identificados apresentavam dimensões superiores às dimensões dos defeitos do método. Em alguns casos, as maiores dimensões dos defeitos do método eram as menores dimensões identificadas no trecho. Por exemplo, os menores buracos identificados nos trechos eram quase todos maiores que os buracos de severidade alta.

É preciso fazer uma adaptação no método para poder obter uma classificação mais próxima da realidade. O objetivo do capítulo de avaliação das estradas não-pavimentadas era primeiro fazer uma adaptação do método desenvolvido por EATON et al. para as condições brasileiras (pelo menos para São Carlos), para depois testá-lo. Entretanto, encontrou-se dificuldades para desenvolver os gráficos com as curvas de níveis de severidade para obtenção dos valores de dedução. O material disponível para consulta, fornecido pelo próprio EATON, via correio, diz que as curvas foram obtidas após muitos anos de experiência dos pesquisadores (cerca de 9 anos, sendo uma avaliação em cada estação do ano durante o período em que as estradas apresentavam as melhores condições). As curvas foram desenvolvidas pelos pesquisadores, que percorriam as estradas, anotavam os trechos críticos e depois voltavam nesses trechos para medir os defeitos e dar "notas" (valores de dedução), de acordo com a densidade (área do defeito em relação à área do trecho

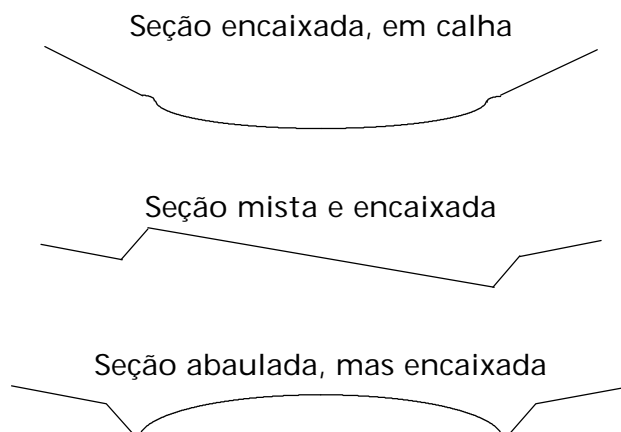
analisado). Com esses valores, montavam-se os gráficos com as curvas de níveis de severidade, onde variava a densidade pelo valor de dedução. Depois de várias avaliações foi feita a média dos valores obtidos pelo grupo de pesquisadores e desenvolvido o gráfico final. Por esse motivo, optou-se por aplicar o método sem adaptações.

8.4 - Defeitos Identificados no Campo

Com base em levantamentos expeditos de campo, foram identificados e classificados os defeitos de épocas de chuvas e em épocas de seca. A ordem de apresentação é a mesma da revisão bibliográfica, mas a descrição dos defeitos está adaptada às condições encontradas na pista. De modo geral sugere-se uma escala de severidade diferente das originais. Os níveis de severidade foram estabelecidos de acordo com o levantamento de campo. Isso significa que as faixas adotadas são próprias para a região de São Carlos. São também descritos defeitos que não se encontram em fontes bibliográficas estrangeiras como o RSMS. Verificou-se que os desenhos dos defeitos apresentados no Capítulo 5 não representam a realidade do campo. Por último é apresentado o Quadro 8.1 com os tipos de solos, tipo de superfície, perfil transversal e drenagem, rampa e os defeitos formados em função dessas características.

8.4.1 - Seção Transversal Inadequada

A seção transversal inadequada é um tipo de defeito encontrado em quase todas as estradas e representa uma das principais causas da formação dos outros defeitos identificados no campo. Esse problema surge devido ao nivelamento (raspagem) da superfície sem acréscimo de material, ou seja, parte do material da superfície é retirado, o que acaba deixando a estrada encaixada no terreno, dificultando o escoamento de água para as laterais. A forma mais comum é a seção encaixada, em calha, onde a água escoar pelo centro da pista de rolamento, formando sulcos longitudinais e buracos. Nas estradas avaliadas foram identificados trechos que estão "afundados" com mais de 2 metros de profundidade. As seções mais comuns são:



8.4.2 - Ondulações / Corrugações

As ondulações ou corrugações identificadas no levantamento de campo são "ondas" ou sulcos em intervalos regulares ou irregulares no sentido perpendicular à direção do tráfego. As ondulações provocam trepidações, causando grande desconforto para os usuários.

As ondulações regulares possuem intervalos entre as ondas de 0,40 a 1,20 m e as profundidades ou alturas de 0,03 a 0,12 m. São encontradas em estradas de solo arenoso, planas, e em áreas de aceleração e desaceleração, tais como rampas e curvas.

As ondulações irregulares são formadas em estradas com solo argiloso, que, quando seco, contrai, formando placas de diversos tamanhos. O tráfego "quebra" as bordas das placas e a água carrega o material que fica solto, aumentando o tamanho das fissuras.

NÍVEIS DE SEVERIDADE:

Os níveis de severidade podem ser estabelecidos em função do tamanho das placas.

8.4.3 - Poeira

Durante o período do levantamento de campo, ocorriam pancadas de chuva na região. Por esse motivo, verificou-se que apesar de ser época de

seca, a poeira não representava um problema muito grave, pois o solo não estava sem umidade. Entretanto, pode-se verificar que os maiores problemas ocorrem quando há falta de umidade no solo da superfície de rolamento. Esse problema é mais evidente em estradas com solo argiloso, onde existe uma grande quantidade de material solto na superfície e o tráfego forma nuvens de poeira mais densas. Em estradas de solo arenoso formam-se pequenas nuvens que assentam-se rapidamente, não interferindo na visibilidade dos motoristas.

8.4.4 - Buracos

Os buracos identificados no levantamento de campo eram confundidos com as ondulações. Em épocas de chuvas, os buracos ficam cheios d'água, o que facilita a identificação. Os buracos situam-se em trechos planos, sem declividade transversal adequada nem saídas laterais, o que provoca o empoçamento de água na superfície. Suas dimensões variam entre 0,50 a 3,50 m de largura (diâmetro) e profundidades de 0,05 a 0,25 m. Muitos buracos possuem pedras no fundo. Devido ao tráfego e às ações das intempéries, os buracos aumentam de tamanho rapidamente.

Os níveis de severidades dos buracos variam com o diâmetro e com a profundidade. De acordo com o levantamento de campo foi montada a tabela abaixo com os níveis de severidade.

DIÂMETRO (m)	PROFUNDIDADE			
	< 0,05	0,05 - 0,15	0,15 - 0,25	> 0,25
< 1,50	B	M	M	A
1,50 - 2,50	B	M	A	A
2,50 - 3,50	B	M	A	A
> 3,50	B	M	A	A

8.4.5 - Afundamento das Trilhas das Rodas

Em estradas não-pavimentadas, as trilhas das rodas são formadas em apenas uma faixa da pista de rolamento. Isso ocorre porque os veículos trafegam no centro da pista, utilizando apenas uma faixa em ambos os

sentidos, o que implica dizer que a solicitação na mesma faixa é dobrada. Em época de chuvas, o solo fica saturado, reduzindo sua resistência, e com isso ocorrem deformações permanentes das trilhas de rodas devido às cargas repetidas de tráfego. Na região, o tráfego é formado praticamente por caminhões carregados com cana e madeira.

NÍVEIS DE SEVERIDADE:

BAIXA: trilhas de rodas menores que 0,05 m de profundidade;

MÉDIA: trilhas de rodas entre 0,05 e 0,10 m de profundidade;

ALTA: trilhas de rodas maiores que 0,10 m de profundidade.

8.4.6 - Segregação de Agregados

Nas estradas avaliadas, a segregação de agregados ocorre em trechos de solo muito argiloso, com rampas acentuadas em que foi acrescentado material granular, sem compactação adequada. O material é acrescentado para aumentar o atrito das rodas dos veículos com a superfície de rolamento. Na região, o material granular utilizado é a piçarra, que é composto pelo basalto em decomposição. Esse material acaba desfazendo-se com o tráfego e, devido à falta de compactação, ficam soltos na superfície de rolamento. Com a passagem dos veículos, os agregados são jogados para fora das trilhas das rodas, formando bermas nas laterais e no centro, entre as trilhas.

NÍVEIS DE SEVERIDADE:

BAIXA: bermas menores que 0,05 m de altura;

MÉDIA: bermas entre 0,05 e 0,10 m de altura;

ALTA: bermas maiores que 0,10 m de altura.

8.4.7 - Areiões

Os areiões identificados no levantamento de campo estão localizados em regiões de solos arenosos, onde há falta de material ligante (argila),

geralmente em terrenos planos. Em épocas de seca, o material fica solto e devido ao tráfego acabam formando bermas nas laterais, impedindo a saída d'água, e entre as trilhas das rodas, o que gera um aspecto de facão ou mesmo de trilhas das rodas. Devido à essas características, no levantamento de campo os areiões foram confundidos com os afundamentos das trilhas das rodas. No método de EATON et al. (1987) esse defeito é classificado como segregação de agregados. Entretanto, após o levantamento de campo foi feita uma separação, de forma que são considerados areiões quando o material solto não é importado e segregação de agregados quando o material granular que fica solto é importado.

NÍVEIS DE SEVERIDADE:

BAIXA: bermas menores que 0,05 m de altura;

MÉDIA: bermas entre 0,05 e 0,15 m de altura;

ALTA: bermas maiores que 0,15 m de altura.

8.4.8 - Atoleiro

Consiste em uma camada de lama onde não existe atrito entre o solo e os pneus dos veículos, que “patinam” sem sair do lugar. Dependendo do tipo de solo, surgem devido à ausência ou deficiência do sistema de drenagem.

Na região são freqüentes os atoleiros, formados em áreas que antecedem as lombadas, colocadas para reduzir a velocidade e direcionar a água para as saídas d'água. Esse problema ocorre devido à declividade transversal invertida, que impossibilita que a água escoe para as laterais. A falta de declividade transversal adequada contribui com a formação de poças d'água na superfície da estrada e, com a chuva, ficam constantemente cheias d'água, deixando o solo saturado e reduzindo sua resistência. A Figura 8.1 mostra a redução de resistência do solo próximo à poça d'água.

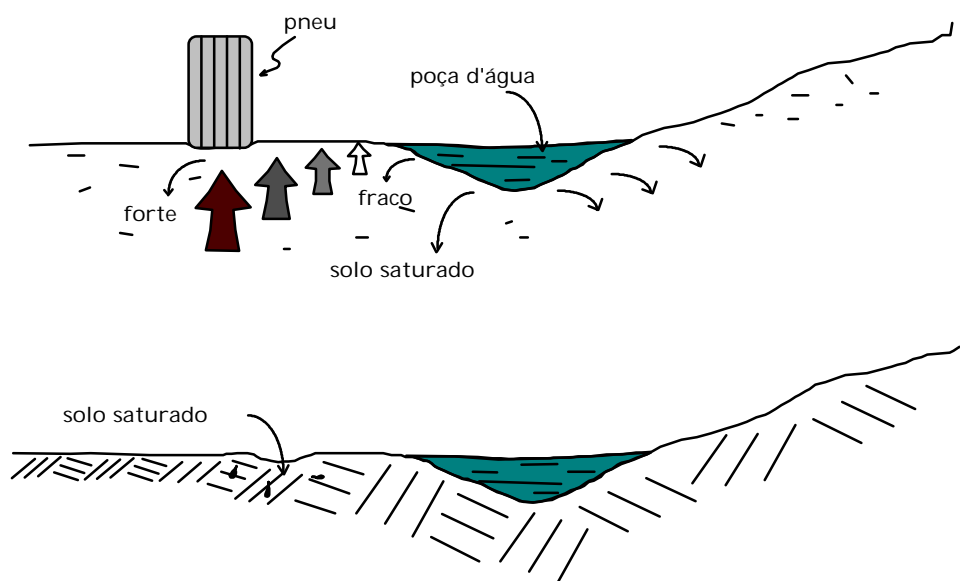


FIGURA 8.1 - FORMAÇÃO DE ATOLEIROS DEVIDO À SATURAÇÃO DO SOLO EM LOCAIS PRÓXIMOS ÀS POÇAS D'ÁGUA.

8.4.9 - Pista Escorregadia

Os maiores problemas ocorrem em trechos muito argilosos, que quando submetidos à molhagem ficam praticamente sem atrito e aderência. A adição de material granular serve para aumentar o atrito entre a pista de rolamento e as rodas dos veículos. Em trechos planos com solo argiloso também ocorrem problemas de pista escorregadia. Os veículos patinam sobre uma camada fina de solo mole. Na região, as maiores dificuldades ocorrem durante a época das chuvas, em estradas com rampas muito acentuadas (maior que 8%), onde a drenagem é inadequada e a água escoar sobre a pista de rolamento. As rodas dos veículos não possuem atrito com a pista e acabam escorregando.

8.4.10 - Erosões

Na região, as erosões são formadas em estradas com rampas acentuadas (acima de 6%), de solo arenoso, sem declividade transversal adequada e com sistema de drenagem ineficiente. Em áreas com grandes precipitações o problema é mais grave, pois a água escoar através da superfície da estrada, formando sulcos que com a chuva vão aumentando, até formar grandes ravinas. As ravinas identificadas localizam-se em trechos com

rampas superiores a 8% e com profundidades de até 1,10 m. O problema de erosão pode ser contido se for implantado um sistema de drenagem eficiente, para evitar que a água corra ou fique empoeçada sobre a pista de rolamento. O sistema de drenagem deve incluir declividade transversal (de 3 a 4%), lombadas, canaletas laterais, sarjetas, sangras, bacias de acumulação e, se necessário, plantação de grama.

NÍVEIS DE SEVERIDADE:

BAIXA: sulcos com profundidades menores que 0,20 m e largura menores que 0,10 m;

MÉDIA: sulcos com profundidades entre 0,20 e 0,60 m e largura entre 0,10 e 0,30 m;

ALTA: sulcos com profundidades maiores que 0,60 m e largura maiores que 0,30 m.

8.4.11 - Facão

Forma-se em estradas em que os veículos trafegam no meio da estrada, em apenas uma trilha. Desse modo, as partículas soltas da superfície são lançadas para as laterais (acostamento) e para o centro da estrada. Foram identificados problemas de facão em trechos de solo arenoso, onde existem areiões. Em algumas estradas avaliadas, o facão é formado devido ao pouco tráfego e à falta de manutenção, o que contribui para o crescimento de vegetação no centro da pista de rolamento, dificultando a passagem dos veículos nesses locais. O facão é diferente das trilhas das rodas porque é formado pelo material que é lançado pelas rodas dos veículos para as laterais e para o centro, enquanto as trilhas resultam do afundamento devido à baixa capacidade de suporte do solo.

NÍVEIS DE SEVERIDADE:

BAIXA: profundidades das trilhas menores que 0,05 m;

MÉDIA: profundidades das trilhas entre 0,05 e 0,10 m;

ALTA: profundidades das trilhas maiores que 0,10 m.

QUADRO 8.1 - TIPOS DE DEFEITOS FORMADOS COM E SEM CHUVA EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO (ARGILOSO), DO MATERIAL DE SUPERFÍCIE, DO PERFIL TRANSVERSAL, DA DRENAGEM E DA RAMPA

QUADRO 8.1 - TIPOS DE DEFEITOS FORMADOS COM E SEM CHUVA EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO (ARGILOSO), DO MATERIAL DE SUPERFÍCIE, DO PERFIL TRANSVERSAL, DA DRENAGEM E DA RAMPA

QUADRO 8.1 - TIPOS DE DEFEITOS FORMADOS COM E SEM CHUVA EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO (MEDIANAMENTE ARGILOSO), DO MATERIAL DE SUPERFÍCIE, DO PERFIL TRANSVERSAL, DA DRENAGEM E DA RAMPA

QUADRO 8.1 - TIPOS DE DEFEITOS FORMADOS COM E SEM CHUVA EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO (MEDIANAMENTE ARGILOSO), DO MATERIAL DE SUPERFÍCIE, DO PERFIL TRANSVERSAL, DA DRENAGEM E DA RAMPA

QUADRO 8.1 - TIPOS DE DEFEITOS FORMADOS COM E SEM CHUVA EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO (ARENOSO), DO MATERIAL DE SUPERFÍCIE, DO PERFIL TRANSVERSAL, DA DRENAGEM E DA RAMPA