



26º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

AVALIAÇÃO DA MACROTEXTURA EM REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS DISTINTOS PELO MÉTODO DA MANCHA DE AREIA

Suzane Nogueira da Silva¹; Matheus Chagas Vital²; Carlos Bruno da Silva Fernandes³; Lucas Cavalcante de Almeida⁴; Francisco Heber Lacerda de Oliveira⁵

RESUMO

Os pavimentos rodoviários são essenciais para garantir uma trafegabilidade confortável e segura em todas as condições. A superfície do pavimento é fundamental na interação entre veículos e infraestrutura rodoviária, influenciando diretamente no conforto ao rolamento. Dentre as características superficiais, a macrotextura se destaca como um parâmetro importante no desempenho das rodovias, afetando diretamente a drenabilidade, o ruído e a resistência à derrapagem. Este estudo analisou a macrotextura, utilizando o método da mancha de areia, em três misturas asfálticas distintas aplicadas nas rodovias BR-122, CE-513 e CE-580 em Quixadá, Ceará. As vias selecionadas apresentam idades e tipos de revestimento asfáltico distintos, incluindo Concreto Asfáltico (CA), Areia Asfalto Usinada à Frio (AAUF) e Tratamento Superficial Duplo (TSD). Os resultados obtidos constataram que os segmentos estudados possuem macrotexturas muito abertas, não atendendo aos padrões recomendados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Diante disso, o estudo destaca a importância da manutenção nos revestimentos existentes para assegurar que os pavimentos permaneçam dentro dos padrões normativos, visando não apenas a segurança dos usuários, mas também a durabilidade da infraestrutura rodoviária.

PALAVRAS-CHAVE: Macrotextura; Revestimento; Mancha de Areia; Segurança; Conforto.

ABSTRACT

Road pavements are essential to ensure comfortable and safe trafficability under all conditions. The pavement surface is fundamental in the interaction between vehicles and road infrastructure, directly influencing rolling comfort. Among the surface characteristics, macrotexture stands out as an important parameter in road performance, directly affecting drainage, noise, and skid resistance. This study analyzed the macrotexture using the sand patch method on three different asphalt mixes applied on highways BR-122, CE-513, and CE-580 in Quixadá, Ceará. The selected roads have different ages and types of asphalt pavement, including Asphalt Concrete (AC), Cold Machined Asphalt Sand (AAUF), and Double Surface Treatment (TSD). The results found that the studied segments have very open macrotextures, not meeting the standards recommended by the National Department of Transportation Infrastructure (DNIT). Therefore, the study highlights the importance of maintaining existing coatings to ensure that pavements remain within regulatory standards, aiming not only for the safety of users but also for the durability of road infrastructure.

KEY WORDS: Macrotexture; Coating; Sand Stain; Security; Comfort.

^{1,4,5} Universidade Federal do Ceará - UFC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes - PETRAN, Campus de Fortaleza, suzane.nogueira@def.ufc.br; lucascavalcante@def.ufc.br; heber@def.ufc.br.

^{2,3} Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, Campus de Quixadá, matheuschagasvital@gmail.com; carlos.bruno08@aluno.ifce.edu.br.



INTRODUÇÃO

O modo rodoviário destaca-se como o mais utilizado no Brasil, atendendo cerca de 60% de toda carga transportada internamente no País. Para isso, o pavimento deve oferecer condições operacionais, visando proporcionar ao usuário conforto ao rolamento e segurança (BERNUCCI *et al.*, 2022). De acordo com a pesquisa CNT (2023), há uma piora significativa dos índices de qualidade das rodovias brasileiras, nas quais o quesito pavimento possui 55,5% da extensão pesquisada classificada como regular, ruim ou péssima.

O pavimento é uma junção de camadas responsáveis por transmitir as solicitações do tráfego ao subleito, além de ser responsável por garantir o trânsito de forma confortável e segura em todas as épocas e em diferentes condições climáticas. A superfície do pavimento é o meio pelo qual os veículos interagem com a estrutura rodoviária, como também, é a condição superficial que se relaciona diretamente com o usuário. Dessa forma, características da camada de rolamento estão ligadas ao desempenho do pavimento, seja afetando a segurança viária, pois possui atuação direta na resistência à derrapagem, detalhe este bastante significativo para zonas de curvas e zonas de frenagem, ou seja, afetando a conforto ao rolamento, o ruído, o consumo de combustível, desgaste de pneus e até mesmo tempo de viagem (APS, 2006).

A ação do tráfego e as intempéries desgastam a camada de revestimento durante toda sua vida útil e as condições da superfície mudam com o tempo. Segundo Bernucci *et al.* (2022), para a avaliação da textura pode-se estudar a aspereza dos agregados (microtextura), como também, a rugosidade formada por um conjunto de agregados (macrotextura). A mudança de textura pode acarretar uma piora no desempenho funcional das rodovias, apresentando superfícies lisas ou rugosas. Assim, os usuários começam a lidar com fenômenos indesejáveis, como hidroplanagem, espelho d'água e *spray*, oriundos das precárias condições de drenagem, redução da resistência à derrapagem, consequências de uma textura lisa, entre outros problemas que interferem na segurança e conforto.

A análise da relação entre a macrotextura dos pavimentos flexíveis e a segurança rodoviária tem sido objeto de estudos em contextos internacionais. Na Austrália, pesquisas como as de Cairney *et al.* (2008) demonstram uma correlação exponencial entre a macrotextura e a redução nas taxas de acidentes rodoviários. Similarmente, um estudo de caso na Carolina do Norte, nos Estados Unidos, realizado por Pulugurtha *et al.* (2011), identificou que um aumento na macrotextura está associado a uma diminuição no número de acidentes. No Reino Unido, estudos conduzidos por Roe *et al.* (1991) exploraram como a insuficiência na profundidade da macrotextura pode contribuir para a ocorrência de acidentes. Estudos paralelos na Itália, realizados por Gothié *et al.* (2001), confirmam essa linha de investigação, destacando a importância da textura superficial na prevenção de acidentes.

Tendo em vista o exposto e que cerca de 90% da malha rodoviária pavimentada é de pavimento flexível, observa-se, a importância de estudos voltados para o aprofundamento a respeito da textura superficial e sua analogia com a eficiência e segurança (CNT, 2023). Nesse contexto, o presente estudo buscou investigar a condição da macrotextura asfáltica em revestimentos distintos a partir do ensaio da mancha de areia em três trechos rodoviários na cidade de Quixadá, no Ceará.



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Textura Superficial

A textura dos pavimentos pode ser analisada pelo comprimento de onda presente na superfície de rolamento, que é a distância entre dois picos ou depressões na superfície e pode ser dividida em quatro categorias: microtextura, macrotextura, megatextura e irregularidade. O principal objetivo desse entendimento é estabelecer os domínios de dimensões da superfície dos pavimentos para a classificação de suas texturas (MOMM, 1998)

A microtextura e macrotextura asfáltica são parâmetros essenciais na avaliação funcional dos pavimentos rodoviários, esta distinção é fundamental para compreender o desempenho e a segurança das vias (FERREIRA, 2002). Conforme Santos (2008), é comum confundir as definições de micro e macrotextura, contudo, ele explica que no que diz respeito à microtextura, considera-se a superfície em si do agregado, analisando a quão rugosa ou polida ela é. Já no contexto da macrotextura, é estudado a altura existente entre os agregados, mede-se os espaços contidos entre os materiais do revestimento, podendo chegar a uma superfície aberta, quando contém agregados de granulação grossa, mas se a proporção de agregados finos for substancial, então ela pode ser designada como fechada. A Figura 1 destaca a diferença entre as duas texturas.

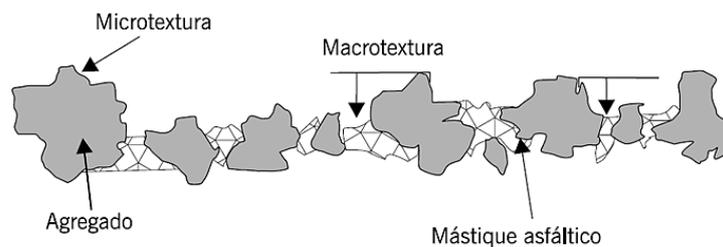


Figura 1. Representação da Microtextura e a Macrotextura (MATTOS, 2009).

De acordo com Callai (2011), o intuito de estudar a textura do pavimento é considerar sua influência na segurança e conforto viário, visando os critérios de frenagem, drenagem superficial, ruído, conforto ao dirigir, desgaste dos pneus, entre outros aspectos. A Figura 2 apresenta os principais fatores afetados pela textura, onde a macrotextura influencia em todos os parâmetros mostrados.

10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	mm
Microtextura			Macrotextura		Megatextura		Irregularidade		
Atrito									
			Ruído						
			Spray						
				Resistência ao Rolamento					
Desgaste dos Pneus									
			Drenagem						

Figura 2. Influências das Texturas (CALLAI, 2011).



Sabe-se que a macrotextura asfáltica, quando fora dos parâmetros normativos, pode afetar a segurança viária e o desempenho do pavimento, influenciando a capacidade de aderência dos pneus, a drenagem de água, ruído, a dissipação de água em condições de chuva e a resistência ao rolamento dos veículos (CALLAI, 2011). Geralmente, a macrotextura é avaliada por métodos como o método de mancha de areia, que mede a profundidade média das irregularidades na superfície do pavimento, fornecendo uma medida quantitativa dessa característica. A medida de macrotextura também pode se dar pela drenabilidade, metodologia do perfilômetro a *laser* e o processamento digital de imagens.

Ensaio da Mancha de Areia

O ensaio da mancha de areia é estabelecido por ASTM (1996) e tem por finalidade determinar a profundidade média de areia na superfície, indicando indiretamente as condições de macrotextura. Conforme ABNT (2016), o cilindro preenchido com material granular, com volume de 25.000 mm³, deve ser espalhado em movimentos circulares de maneira uniforme sobre o revestimento e deve-se realizar quatro medições no entorno da circunferência, a fim de calcular o diâmetro médio.

A Figura 3 apresenta o esquema proposto por Mattos (2009), onde a areia é espalhada com o uso do disco padrão normatizado, sendo possível a medição dos diâmetros da mancha (D), e o valor de Hs é sua altura média que será encontrada com o auxílio da Equação 01. A Figura 4 representa o *kit* de ensaio.

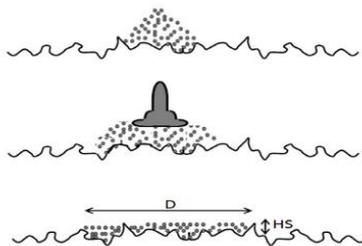


Figura 3. Ensaio de Mancha de Areia (MATTOS,2009). Figura 4. *Kit* do Ensaio da Mancha de Areia (AUTORES, 2024).

Macrotextura e Interação Pneu-Pavimento: Atrito, Ruído e Drenagem

Conforme Moore (1980), a condição da textura da capa de rolamento é o que garante um percurso seguro, devendo atribuir ao revestimento o atrito necessário para isso. O atrito é a força resistente ao movimento interativo entre dois corpos, ele é o atributo que garante a aderência, resistência à derrapagem e a segurança viária em zonas de frenagem, por exemplo. Ao longo da vida útil do pavimento o atrito pode diminuir consideravelmente com o desgaste dos agregados, isto causado pelo próprio tráfego e clima, passando a entregar uma superfície lisa e comprometendo a aderência.

Segundo Hanson *et al.* (2004), o ruído causado pelo tráfego é produzido de diversas formas, dentre as quais destacam-se: o ruído do motor, aerodinâmico e o contato entre o pneu e o pavimento. A textura do revestimento está intrinsecamente ligada à geração de ruído. Essa condição ocorre em função da macrotextura da via e se dá especialmente quando os veículos transitam a velocidades altas ou moderadas (FEHRL, 2006).



O princípio fundamental da drenagem superficial em rodovias é a eficiente remoção da água pluvial que se acumula sobre a superfície do pavimento. Essa prática é importante tanto para a preservação da durabilidade estrutural quanto para a garantia de segurança aos usuários, conforme indicado por Ferreira (2002). A macrotextura desempenha um papel essencial neste contexto, ao facilitar o escoamento da água precipitada por meio dos vazios formados entre os grãos do agregado, conforme descrito por Ausserdat (2002).

Influência do Tipo de Revestimento na Macrotextura

O tipo de revestimento é importante na configuração da macrotextura. O ligante asfáltico possui importância indireta e relativa à resistência à desagregação dos revestimentos, para a macrotextura, é a distribuição granulométrica dos agregados que desempenha fator preponderante (APS, 2006). Segundo Bernucci *et al.* (2022), o revestimento é a mais importante de todas as camadas. Para Huang (1993), a escolha do tipo de revestimento asfáltico é um aspecto crítico no projeto de pavimentos, pois afeta diretamente o desempenho, a segurança e a durabilidade das rodovias.

Pavimentos com revestimentos do tipo Camada Porosa de Atrito (CPA) e Tratamentos Superficiais por Penetração, por exemplo, tendem a apresentar uma macrotextura aberta, uma vez que os agregados de maiores dimensões ficam expostos na superfície. Isso pode ser benéfico para a drenagem, permitindo que a água da chuva escoe facilmente no pavimento, reduzindo o risco de acúmulo de água na superfície. Por outro lado, revestimentos mais densos, como o Concreto Asfáltico (CA), podem ter uma macrotextura mais suave devido à granulometria bem graduada. Isso pode afetar a condução da água de forma diferente e, em casos específicos, pode ser necessário a incorporação de sistemas de drenagem adicionais, como ralos ou canais, para lidar com a água da chuva de maneira eficaz (CALLAI, 2011).

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição dos Locais de Ensaio

Para o desenvolvimento da pesquisa, fez-se uma seleção prévia das rodovias federais e estaduais que atravessam na cidade de Quixadá e, como requisito para a seleção, as vias deveriam dispor de idades e revestimento asfáltico distintos. Assim, as vias escolhidas, foram a rodovia federal BR-122 e as rodovias estaduais CE-513 e CE-580. É importante ressaltar que no trecho da BR-122, havia um segmento ainda não concluído, apenas na camada *binder*, sendo esta uma camada intermediária caracterizada por possuir uma granulometria mais aberta propositalmente, a fim de baratear o revestimento final. A Tabela 1 apresenta a descrição dos trechos e suas especificidades. Sendo Concreto Asfáltico (CA), Areia Asfalto Usinada à Frio (AAUF) e Tratamento Superficial Duplo (TSD).

Tabela 1. Descrição das rodovias (AUTORES, 2024).

Rodovia	Revestimento	Concluída em	Observações
BR-122	CA (novo e antigo) e <i>binder</i>	2023	Havia um segmento antigo de CA, um segmento novo de CA e um segmento de <i>binder</i> .
CE-513	AAUF	Sem data precisa de conclusão.	A via recebe contínuos serviços de manutenção do tipo tapa buraco, principalmente após o período chuvoso.



CE-580

TSD

2021

O segmento estudado apresenta várias manutenções pontuais.

Os trechos foram ensaiados entre os meses de agosto e setembro de 2023, com pontos distribuídos a cada 50 metros percorrendo uma extensão total de 750 metros por trecho. A coleta abrangeu especificamente a trilha de roda externa, sendo o local mais solicitado pelas cargas provenientes dos veículos, visto que sofre influência da presença do acostamento, maior solicitação em zonas de curvas e a tendência de acúmulo das águas pluviais. Para cada rodovia foram coletados 15 pontos de análise intercalando os sentidos do fluxo veicular.

Procedimento do Ensaio da Mancha de Areia e Classificação da Macrotextura

Para a avaliação da macrotextura do pavimento em todas as etapas da pesquisa, foi utilizado o ensaio de mancha de areia, regulamentado por ASTM (1996). O método é estabelecido e normatizado no Brasil pela ABNT (2016). A Tabela 2 descreve a aparelhagem e o processo de execução do ensaio em campo.

Tabela 2. Aparelhagem e Procedimento do Ensaio (Adaptado da ABNT, 2016)

Aparelhagem	Procedimento
Areia natural com mínimo de 90% passante na peneira nº50 e retida na nº100;	Limpar o local escolhido;
Pincel para limpeza da superfície do pavimento;	Encher o cilindro com a areia, de modo a conter o volume de 25.000 mm ³ ;
Cilindro com volume de 25.000 mm ³ ;	Despejar o material granular sobre o pavimento e espalhá-lo em movimentos circulares;
Disco espalhador de base emborrachada com diâmetro entre 60 e 75 mm;	Quando se percebe que a mancha não cresce mais ou que surgiu pontas dos agregados, deve-se interromper os movimentos com o disco;
Régua milimetrada.	Por fim, devem ser feitas quatro medidas do diâmetro defasado entre si em 0°, 45°, 90° e 135°.

A partir das quatro medidas do diâmetro da mancha defasados entre si em 0°, 45°, 90° e 135°, deve-se obter o diâmetro médio (D). A profundidade média da mancha de areia (H_s) da superfície do pavimento deve ser calculada conforme a Equação 1.

$$H_s = 4V\pi D^2 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde

H_s: Altura média da mancha de areia, expressa em milímetros (mm);

V: Volume do cilindro, expresso em milímetros cúbicos (mm³);

D: Diâmetro médio da área circular coberta pelo material granular, expresso em milímetros (mm).

Com base nos resultados do ensaio, é possível classificar a macrotextura de cada ponto seguindo a Tabela 3, que corresponde a classificação da macrotextura. É recomendado pelo DNIT (2006) que a faixa de valores para a altura média da mancha de areia de 0,6 mm < H_s < 1,2 mm, ou seja, superfícies de pavimentos com textura média a aberta. A Tabela 3 também apresenta as recomendações desenvolvidas por Pasquet (1968) de acordo com a classificação.



Tabela 3. Classificação da Macrotextura (Adaptado de DNIT, 2006 e Pasquet, 1968).

Altura média da mancha de areia Hs (mm)	Classificação da macrotextura	Recomendação
$H_s < 0,2$	Muito fina ou muito fechada	Não deve ser utilizado
$0,2 < H_s \leq 0,4$	Fina ou fechada	Indicado para zonas urbanas ($V < 80\text{km/h}$)
$0,4 < H_s \leq 0,8$	Média	Indicado para vias com $80 \text{ km/h} < V < 120\text{km/h}$
$0,8 < H_s \leq 1,2$	Grosseira ou aberta	Indicado para vias com $V > 120\text{km/h}$
$H_s > 1,2$	Muito aberta	Indicado em casos especiais (zonas de perigo constante, como longos trechos retos, curvas acentuadas, etc.)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Trecho da Rodovia BR-122 – Revestimento com CA (antigo), CA (recém aplicado) e Binder

A Figura 4 apresenta os resultados da altura da mancha de areia dos pontos ensaiados, incluindo a classificação de cada ponto, de acordo com as classes apresentadas pelo DNIT (2006), bem como as principais texturas encontradas em campo.

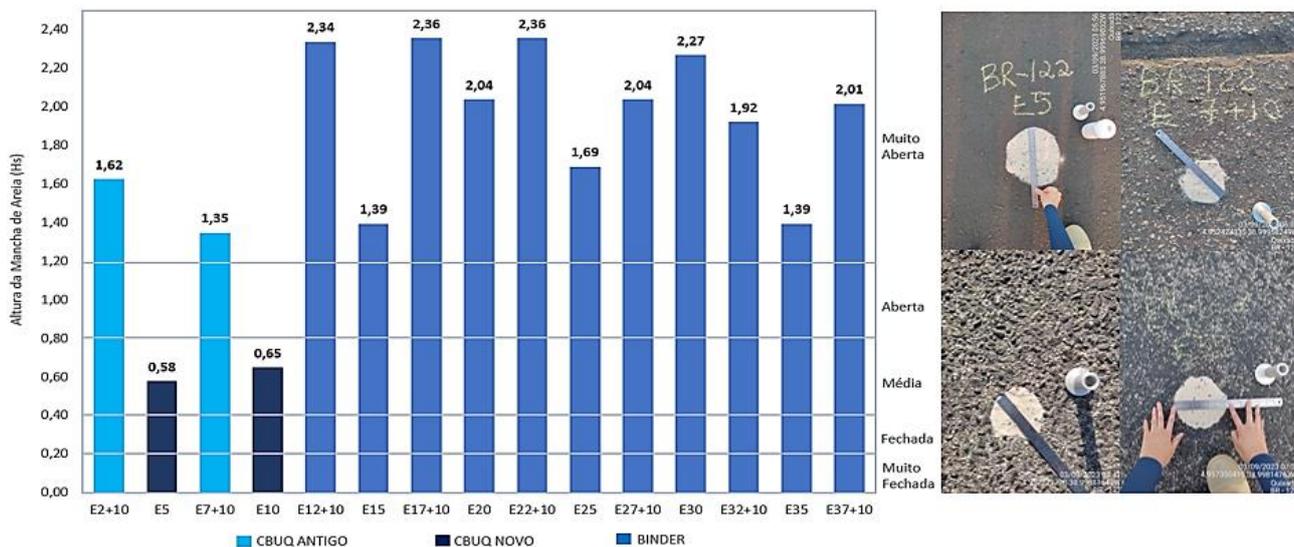


Figura 4. Altura da Mancha de Areia, Classificação da Macrotextura e texturas encontradas em campo – BR-122 (AUTORES, 2024).

Verificou-se que a classe de macrotextura predominante é a muito aberta representando quase 87% dos pontos ensaiados e, somente 13% apresenta uma macrotextura média. A altura média da mancha de areia é de 1,73 mm, classificando o trecho inteiro com macrotextura muito aberta. Segundo Pasquet (1968), essa classificação é indicada em casos especiais, como em zonas de perigo constante, curvas acentuadas e longos trechos retos, não sendo este o caso do segmento da rodovia estudada.

A delimitação recomendada é disposta na Figura 5. Foi observado que somente um ponto estudado, está dentro dos padrões normativos. Isso implica dizer que o revestimento asfáltico do trecho analisado da BR-122 apresenta condições de macrotextura que não atendem às especificações de DNIT (2006).

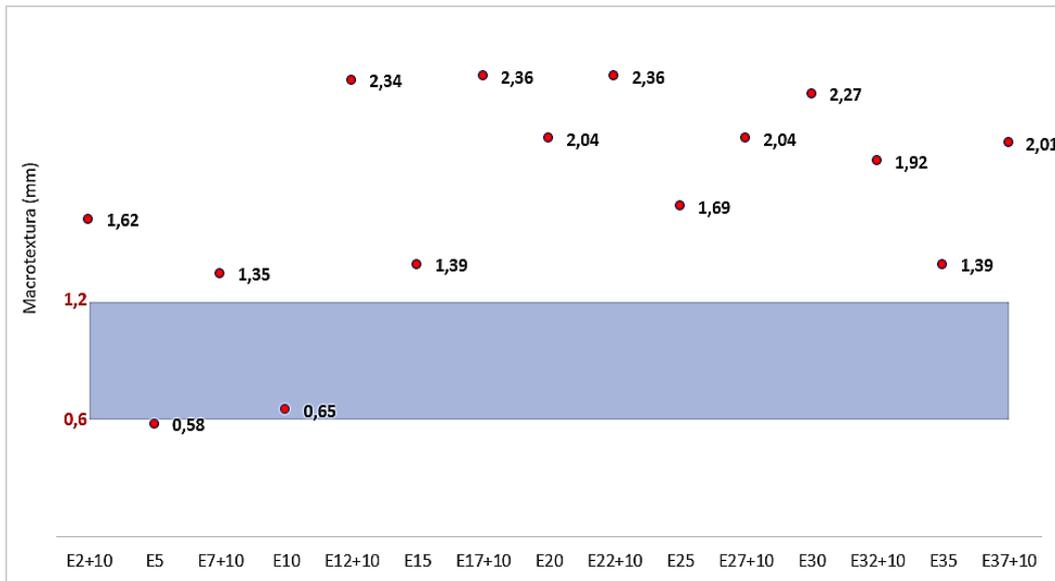


Figura 5. Faixa Limite de Macrotextura Recomendada pelo DNIT (2006) – BR-122 (AUTORES, 2024).

É importante ressaltar que as estacas 2+10 e 7+10 são localizadas no revestimento antigo de CA, possuindo uma classificação muito aberta. Isso ocorre devido à erosão dos agregados menores e desgaste do ligante, resultando em uma exposição de agregados maiores na superfície do revestimento. As estacas 5 e 10, com macrotextura média, foram coletadas da camada de CA nova, sendo esta a única parcela próxima e dentro dos limites normativos. Os demais pontos são todos sobre a camada de binder, justificando a macrotextura aberta, visto que é característico possuir mais vazios e uma granulometria mais aberta propositalmente.

Trecho da Rodovia CE-513 – Revestimento em AAUF

As principais texturas encontradas na CE-513 e a classificação da macrotextura são apresentadas na Figura 6.

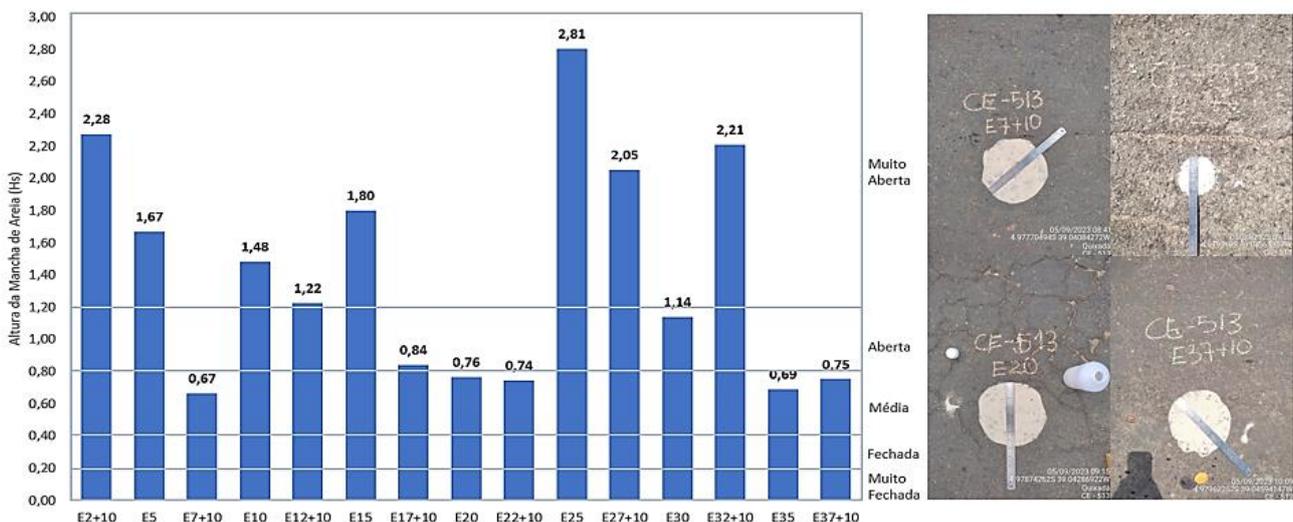




Figura 6. Altura da Mancha de Areia, Classificação da Macrotextura e texturas encontradas em campo – CE-513 (AUTORES, 2024).

Assim como na BR-122, a classificação da macrotextura muito aberta ocorreu em maior grandeza, com 53,3% da altura da mancha de areia maior que 1,20 mm, apenas 13,3% com classificação aberta e 33,3% classificada com macrotextura média. A altura média da mancha de areia no segmento é de 1,41 mm, caracterizando-o com macrotextura muito aberta, por sua vez, essa textura é indicada para zonas especiais, segundo Pasquet (1968), não sendo o caso do trecho analisado.

Como apresenta-se no gráfico da Figura 7, sete dos quinze pontos ensaiados estão dentro da faixa limitante do DNIT (2006). Desse modo, o trecho não atende às especificações, com mais de 53% dos resultados fora da faixa normativa.

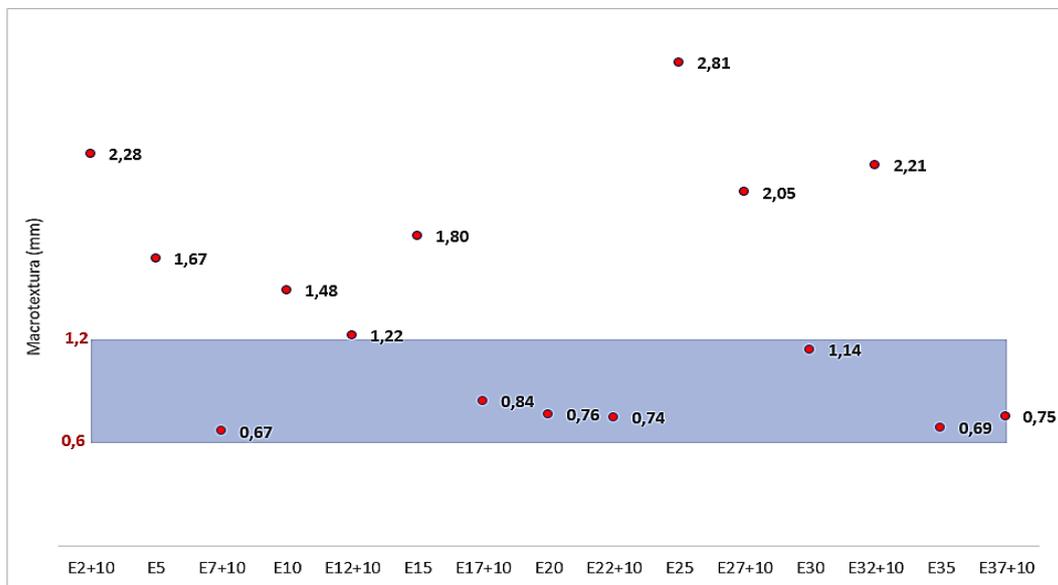


Figura 7. Faixa Limite de Macrotextura Recomendada pelo DNIT (2006) – CE-513 (AUTORES, 2024).

A CE-513 apresenta uma superfície com bastantes remendos por toda sua extensão e periodicamente passa por recuperações do tipo tapa buraco, intensificando o fator mencionado e influenciando diretamente na macrotextura. O revestimento inicial em AAUF não é caracterizado pela presença de agregados graúdos que justifiquem a classificação do trecho. Desse modo, os resultados obtidos podem ser fundamentados na mudança de textura constante devido às restaurações e desgaste do revestimento pelo tráfego e intempéries.

Trecho da Rodovia CE-580 – Revestimento em TSD

Conforme os resultados apresentados na Figura 8, a classe de macrotextura muito aberta é predominante, com 53,3% dos pontos estudados apresentando altura da mancha de areia maior que 1,20 mm, 40% dos pontos estão na faixa de classificação aberta e apenas 6,7% se enquadram na classificação média. A média da altura da mancha de areia no trecho estudado é de 1,42 mm, resultando numa classificação geral muito aberta.

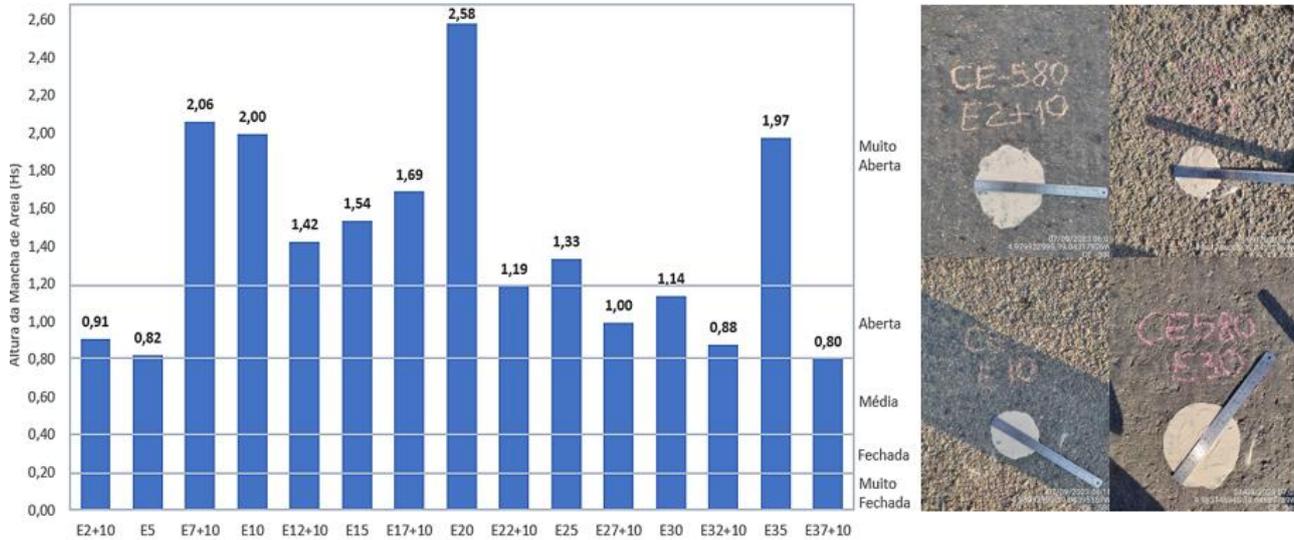


Figura 8. Altura da Mancha de Areia, Classificação da Macrotextura e texturas encontradas em campo – CE-580 (Autores, 2024).

A CE-580 é caracterizada por inúmeras rampas e curvas acentuadas ao longo de todo o percurso estudado, como observado em análises de campo. Esse trecho, situado em uma zona residencial, é considerado pelos moradores locais como particularmente perigoso. Segundo a categorização de Pasquet (1968), essa configuração viária pode ser classificada como especial, na qual se recomenda a implementação de uma macrotextura mais aberta. Tal especificação é sugerida por contribuir significativamente para a segurança dos usuários, proporcionando melhor aderência e drenagem em áreas de alta complexidade geométrica. Contudo, o trecho não atende a faixa limite especificada pelo DNIT (2006), como mostra a Figura 9.

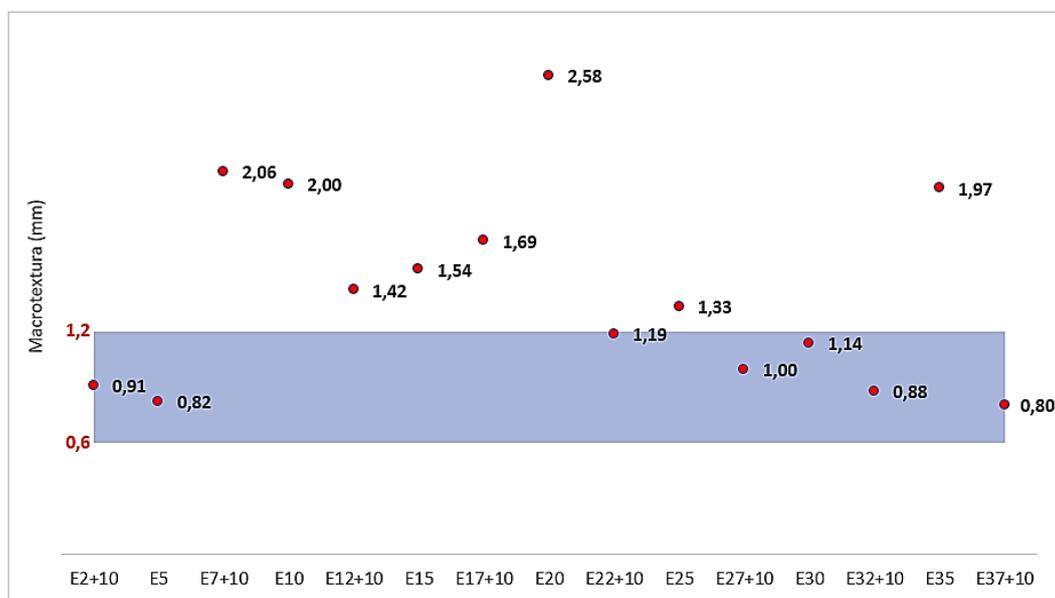


Figura 9. Faixa Limite de Macrotextura Recomendada pelo DNIT (2006) – CE-580 (AUTORES, 2024).



CONCLUSÃO

Este trabalho avaliou a macrotextura dos revestimentos em três rodovias distintas com diferentes tipos de revestimentos asfálticos. O levantamento das condições de macrotextura das rodovias citadas foi feito por meio do ensaio da mancha de areia e os resultados obtidos mostram que a situação atual da macrotextura dos três trechos estudados está fora dos limites sugeridos, com valores de profundidade da mancha de areia superiores a 1,2 mm. Cerca de 65% dos 45 pontos levantados encontram-se na faixa de macrotextura muito grosseira.

Em termos de segurança, a classe de macrotextura aferida nos três tipos de revestimentos analisados é capaz de proporcionar benefícios, contribuindo para uma maior aderência entre os pneus e a pista de rolamento, especialmente em condições adversas. Essa aderência contribui para a redução do risco de aquaplanagem e melhoria da capacidade de frenagem, fatores importantes para prevenir acidentes e promover a segurança viária. No entanto, em termos de conforto, as rodovias analisadas não apresentam resultados adequados, visto que níveis altos de macrotextura podem resultar em ruídos e vibrações excessivas, causando incômodo aos usuários. Além disso, impacta a eficiência operacional dos veículos, com tendência ao aumento no consumo de combustível devido à abrasão acentuada dos pneus.

Por fim, é possível concluir também que a macrotextura do pavimento se deteriora com o tempo, em consequência de diversos fatores, como as intempéries e o desgaste do mástique asfáltico. Além disso, é fundamental realizar o monitoramento temporal da macrotextura para ajustes conforme necessário. Dessa forma, além de proporcionar uma melhor condição superficial durante a vida útil dos pavimentos, contribui simultaneamente com uma infraestrutura rodoviária mais segura, eficiente e confortável.

REFERÊNCIAS

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 16504-16, Misturas asfálticas – Determinação da profundidade média da macrotextura superficial de pavimentos asfálticos por volumetria – Método da mancha de areia*. São Paulo: IBP, 2016.
- APS, M. *Classificação da Aderência Pneu-Pavimento pelo Índice Combinado IFI – International Friction Index para Revestimentos Asfálticos*. Tese – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2006.
- ASTM E965-96, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM E965-96, Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique*, ASTM International, Pennsylvania, Estados Unidos, 1996.
- AUSSEDAT, G. *Aide au choix des couches de roulement vis-a-vis de l'adhérence*. Comité français pour les techniques routieres, França, 2002.
- BERNUCCI, L. M.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. *Pavimentação asfáltica - formação básica para engenheiros*. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Petrobrás ABEDA, 2022.
- BRANCO, F.; PEREIRA, P.; SANTOS, L. P. *Pavimentos Rodoviários*. Edições Almedina, 2016.
- CAIRNEY, P.; BENNETT, P. (2008) *Relationship between road surface characteristic and crashes on Victorian rural roads*. ARRB conference. Adelaide: Australia, 2008.



- CALLAI, S. C. *Estudo do ruído causado pelo tráfego de veículos em rodovias com diferentes tipos de revestimentos de pavimentos*. Dissertação - Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.
- CNT – *Pesquisa Rodoviária: Relatório Gerencial*. Confederação Nacional do Transporte, Brasília, DF, 2023.
- DNIT, *Manual de pavimentação*. Rio de Janeiro, 2006.
- FEHRL. S. *Guidance Manual for the Implementation of low -noise road surfaces*. FEHRL. Bélgica, Bruxelas: 2006.
- FERREIRA, P. N. *Avaliação da macrotextura de trechos pavimentados de rodovias estaduais situadas na região insular do município de Florianópolis*. Dissertação - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- GOTHIÉ, M.; PARRY, T.; ROE, P. *The relative influence of the parameters affecting road surface friction*. International Colloquium on Vehicle-Tyre Road Interaction. Florencia, Italia, 2001.
- HANSON, I.; JAMES, S.; NESMITH, C. *Tire/ Paviment Noise Study*. NCAT - National Center for ASPHALT Technology. Auburn, EUA, 2004.
- HUANG, Y. H. *Pavement Analysis and Design*. Prentice Hall, 1993.
- MATTOS, J. R. G. *Avaliação da Aderência Pneu-Pavimento e tendências de desempenho para a rodovia BR-290/RS*. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- MOMM, L. *Estudo dos efeitos de granulometria sobre a macrotextura superficial do concreto asfáltico e seu comportamento mecânico*. Tese– Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- MOORE, D. F. *Friction and Wear an Rubbers and Tyres*. Wear, vol. 61, 1980.
- PULUGURTHA, S. S.; PATEL, K.; KUSAM, P. R. *Pavement macrotexture thresholds to enhance safety: a case study using I-40 data in Durhan County, North Carolina*. Anais do Transportation Research Board (TRB), Washington, D. C., 2011.
- ROE, P.; WEBSTER, D.; WEST, G. *The relation between the surface texture of roads and accidents*. Transport Road Research Laboratory, Report 296. Materials and Construction Division. Crowthorne, Reino Unido, 1991.
- SANTOS, R. T. *Análise da Macrotextura de pavimentos através de processamento de imagens, usando transformada de Fourier*. Dissertação – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2008.