REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

ANÁLISE VISUAL DAS CONDIÇÕES SUPERFICIAIS DO PAVIMENTO ASFÁLTICO E PROPOSTA METODOLÓGICA PARA APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO (ICP) EM TRECHO DA RODOVIA ESTADUAL PI-141, NO MUNICÍPIO DE BREJO DO PIAUÍ – PI

VISUAL ANALYSIS OF THE SURFACE CONDITIONS OF ASPHALT PAVEMENT AND METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE APPLICATION OF THE PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) IN A SECTION OF THE STATE HIGHWAY PI-141, IN THE MUNICIPALITY OF BREJO DO PIAUÍ – PI

Engenharias • 29/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/795787566

Heloilson Eduardo Pissolotto Lira[1]

Mardon Wilton Oliveira Sena Filho[2]

Gil Alves dos Santos Júnior[3]

Ismeraldo Pereira de Oliveira[4]

RESUMO

A conservação dos pavimentos rodoviários constitui uma atividade fundamental para a manutenção das condições de circulação, segurança e funcionalidade da infraestrutura viária. Nesse contexto, a identificação de manifestações patológicas e de intervenções de manutenção contribui para a caracterização das condições superficiais dos revestimentos asfálticos e para o planejamento de avaliações técnicas. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar preliminarmente as condições superficiais de áreas documentadas de um trecho da Rodovia Estadual PI-141, localizado no município de Brejo do Piauí, estado do Piauí, com ênfase na identificação visual de remendos e na apresentação de uma proposta metodológica para futura aplicação do Índice de Condição do Pavimento (ICP), conforme a ASTM D6433-18. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de natureza descritiva e abordagem predominantemente qualitativa, desenvolvida por meio de estudo de caso. Os procedimentos metodológicos compreenderam a análise de registros fotográficos obtidos durante visita de campo, a descrição das características aparentes das intervenções e a consulta a referências técnicas e normativas relacionadas à avaliação e conservação de pavimentos. Os resultados evidenciaram a presença de remendos com diferentes configurações geométricas, tonalidades e texturas superficiais nas áreas fotografadas do revestimento asfáltico. Também foram observadas características das regiões adjacentes à pista, sem que os registros disponíveis permitissem uma avaliação sistemática das condições de drenagem. Considerando o caráter preliminar e qualitativo da investigação, não foram realizadas medições padronizadas de extensão, densidade e severidade dos defeitos, razão pela qual a determinação numérica do ICP não integrou os resultados da pesquisa. Como contribuição complementar, foram sistematizados

os procedimentos necessários à futura aplicação do índice, incluindo a delimitação de seções e unidades amostrais, a classificação das manifestações patológicas e as etapas de cálculo. Conclui-se que a pesquisa permitiu documentar intervenções localizadas de manutenção e estabelecer uma referência metodológica para avaliações quantitativas posteriores, contribuindo para o planejamento de futuras investigações sobre a conservação da Rodovia PI-141.
Palavras-chave: Pavimento asfáltico; Índice de Condição do Pavimento; Remendos; Avaliação visual; Rodovia PI-141.

ABSTRACT

The preservation of road pavements is a fundamental activity for maintaining traffic flow, safety, and the functionality of road infrastructure. In this context, identifying pavement distresses and maintenance interventions helps characterize the surface condition of asphalt layers and facilitates the planning of technical evaluations. This study aimed to provide a preliminary characterization of the surface conditions in documented areas along a segment of the PI-141 state highway, located in the municipality of Brejo do Piauí, in the state of Piauí. The focus was on the visual identification of patches and the presentation of a methodological proposal for the future application of the Pavement Condition Index (PCI), in accordance with ASTM D6433-18. The research is classified as applied, descriptive in nature, and predominantly qualitative, conducted through a case study. Methodological procedures included the analysis of photographic records obtained during a field visit, a description of the visible characteristics of the interventions, and a review of technical and regulatory references concerning pavement evaluation and preservation. The results revealed the presence of patches with varying geometric configurations, shades, and surface

textures within the photographed areas of the asphalt pavement. Characteristics of the areas adjacent to the roadway were also observed, although the available records did not allow for a systematic assessment of drainage conditions. Given the preliminary and qualitative nature of this investigation, standardized measurements of the extent, density, and severity of the defects were not performed; consequently, a numerical determination of the PCI was not included in the research findings. As a complementary contribution, the procedures required for the future application of the index were systematized, including the delineation of sections and sample units, the classification of pavement distresses, and the calculation steps. It is concluded that the research enabled the documentation of localized maintenance interventions and established a methodological benchmark for subsequent quantitative evaluations, contributing to the planning of future investigations into the conservation of the PI-141 highway.
Keywords: Asphalt pavement; Pavement Condition Index; Patching; Visual assessment; PI-141 highway.

1. INTRODUÇÃO

A infraestrutura rodoviária constitui um dos principais elementos de integração territorial e desenvolvimento socioeconômico, uma vez que possibilita o deslocamento de pessoas, o transporte de mercadorias e o acesso a serviços essenciais. Nesse contexto, a qualidade das rodovias está diretamente relacionada às condições de segurança, conforto e eficiência dos deslocamentos. A conservação dos pavimentos representa, portanto, uma atividade fundamental para garantir a funcionalidade da malha viária, especialmente em regiões onde o transporte rodoviário

desempenha papel significativo na ligação entre municípios e no escoamento da produção.

Do ponto de vista da engenharia, o pavimento rodoviário pode ser compreendido como um sistema estrutural composto por camadas sobrepostas, dimensionadas para suportar as solicitações provenientes do tráfego e das condições ambientais. Segundo Bernucci *et al.* (2010), o comportamento desse sistema depende da interação entre os materiais empregados, as espessuras das camadas e suas propriedades mecânicas, de modo que a estrutura apresente desempenho compatível com as condições de utilização previstas em projeto. Além da função estrutural, o pavimento deve proporcionar uma superfície de rolamento adequada, contribuindo para a segurança e o conforto dos usuários.

Os pavimentos podem apresentar diferentes configurações estruturais, destacando-se os pavimentos flexíveis, semirrígidos e rígidos. Nos pavimentos flexíveis, o revestimento asfáltico é geralmente apoiado sobre camadas constituídas por materiais granulares, solos ou misturas de solo e agregados. Nos pavimentos semirrígidos, por sua vez, uma das principais características é a utilização de materiais estabilizados com ligantes hidráulicos na base ou sub-base, conferindo maior rigidez a essas camadas e modificando a distribuição dos esforços no interior da estrutura. Embora apresentem comportamentos mecânicos distintos, ambos pertencem ao grupo dos pavimentos asfálticos, em razão da natureza de seu revestimento superficial (Bernucci *et al.*, 2010).

A estrutura dos pavimentos asfálticos pode compreender revestimento, base, sub-base e reforço do subleito, assentados sobre o terreno preparado para receber as cargas transmitidas pelas

camadas superiores. O revestimento constitui a superfície diretamente submetida ao contato com os pneus dos veículos, enquanto as camadas inferiores contribuem para a distribuição das tensões e deformações até o subleito. A presença e a espessura dessas camadas variam conforme as características dos materiais disponíveis, a capacidade de suporte do terreno e as solicitações previstas para a rodovia (Bernucci *et al.*, 2010).

Figura 1. Estrutura Dos Pavimentos Flexível e Rígido



Fonte: Elaborada pelos autores com auxílio de inteligência artificial (2026).

O desempenho dos pavimentos asfálticos está associado à capacidade de suas camadas resistirem às solicitações repetidas do tráfego e às ações ambientais durante a vida de serviço. Entretanto, a atuação conjunta de fatores como intensidade e composição do tráfego, condições de drenagem, envelhecimento dos materiais, características construtivas e intervenções de manutenção pode favorecer o surgimento e a evolução de manifestações patológicas. Entre os defeitos frequentemente observados estão trincamentos, afundamentos, panelas, desgaste superficial e remendos, cuja ocorrência e severidade podem comprometer as condições de utilização da via (Balbo, 2007; Bernucci *et al.*, 2010).

A deterioração superficial não deve ser interpretada exclusivamente como consequência de um único mecanismo, pois diferentes

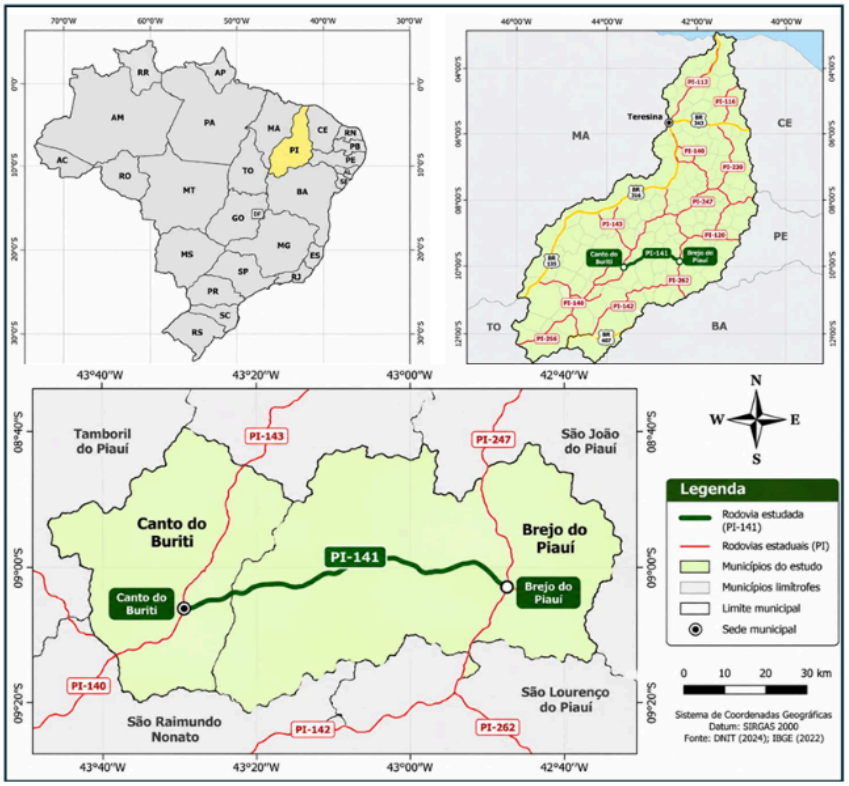
fatores podem atuar simultaneamente sobre a estrutura do pavimento. A repetição das cargas dos veículos pode contribuir para o desenvolvimento de trincas por fadiga e deformações permanentes, enquanto a infiltração de água e as deficiências de drenagem podem favorecer a perda de suporte das camadas inferiores. Além disso, as características dos materiais, os procedimentos executivos e as condições de manutenção influenciam o comportamento do sistema ao longo do tempo. Dessa forma, a identificação dos defeitos superficiais constitui uma etapa importante para a compreensão do estado de conservação de uma rodovia (Medina; Motta, 2015; BRASIL, 2006b).

A avaliação sistemática das condições dos pavimentos permite transformar observações de campo em informações técnicas que auxiliam o planejamento de intervenções. Entre os procedimentos disponíveis, destaca-se o Pavement Condition Index (PCI), denominado neste trabalho Índice de Condição do Pavimento (ICP), estabelecido pela norma ASTM D6433-18. O método fundamenta-se na inspeção visual padronizada, considerando os tipos de defeitos identificados, seus níveis de severidade e suas quantidades ou extensões. A partir desses registros, determina-se um índice numérico que varia de 0 a 100, no qual valores mais elevados representam melhores condições superficiais do pavimento (ASTM, 2018).

No estado do Piauí, a conservação das rodovias estaduais possui relevância para a mobilidade regional e para a integração entre os municípios. Nesse cenário, a Rodovia Estadual PI-141 (Figura 2) constitui o objeto de estudo desta pesquisa, especificamente em um segmento da ligação entre os municípios de Canto do Buriti e Brejo do Piauí. A escolha da área está relacionada à necessidade de

caracterizar tecnicamente as condições de sua superfície, considerando a ocorrência de manifestações patológicas e os possíveis fatores associados ao processo de deterioração.

Figura 2. *Mapa de Localização da Rodovia Pi-141 e do Trecho Estudado*



Fonte: Elaborada pelos autores com auxílio de inteligência artificial (2026).

A presente pesquisa concentra-se na caracterização preliminar das condições superficiais de um trecho da Rodovia Estadual PI-141, localizado no município de Brejo do Piauí, no estado do Piauí, considerando as manifestações patológicas e as intervenções de manutenção identificáveis nos registros fotográficos disponíveis. A análise será fundamentada nos conceitos técnicos relacionados à deterioração dos pavimentos asfálticos e nos procedimentos de avaliação superficial estabelecidos pela ASTM D6433-18.

Nesse contexto, a pesquisa busca responder à seguinte questão: quais características superficiais podem ser identificadas nos registros fotográficos do trecho estudado da Rodovia Estadual PI-141 e de que maneira os procedimentos do Índice de Condição do Pavimento (ICP) podem orientar futuras avaliações quantitativas de suas condições de conservação?

Assim, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar preliminarmente as condições superficiais documentadas no trecho selecionado da PI-141, com ênfase na identificação visual de remendos e na discussão de aspectos relacionados à conservação do revestimento asfáltico. Complementarmente, apresenta-se uma proposta metodológica para aplicação futura do ICP, buscando fornecer subsídios técnicos para levantamentos posteriores e para o planejamento de ações de conservação e manutenção rodoviária.

1.1. Problema de Pesquisa

A deterioração dos pavimentos asfálticos constitui um desafio para a conservação da infraestrutura rodoviária, uma vez que as manifestações patológicas podem comprometer as condições de utilização das vias e aumentar a necessidade de intervenções de manutenção. A identificação e a caracterização dessas manifestações representam etapas importantes para o reconhecimento preliminar das condições superficiais do revestimento.

No trecho selecionado da Rodovia Estadual PI-141, localizado no município de Brejo do Piauí, os registros fotográficos disponíveis documentam intervenções localizadas de manutenção, especialmente remendos no revestimento asfáltico. Entretanto, a

ausência de levantamentos quantitativos padronizados limita a determinação da extensão e da severidade dos defeitos, bem como a avaliação numérica da condição superficial do pavimento.

Considerando a necessidade de caracterizar preliminarmente as condições superficiais do trecho selecionado da Rodovia Estadual PI-141, entre os municípios de Canto do Buriti e Brejo do Piauí, estabelece-se a seguinte questão de pesquisa: quais características superficiais podem ser identificadas nos registros fotográficos disponíveis e como os procedimentos estabelecidos pela ASTM D6433-18 podem orientar futuras avaliações quantitativas das condições de conservação do pavimento?

1.2. Justificativa

A realização deste estudo justifica-se pela importância da conservação da infraestrutura rodoviária para a mobilidade regional, a segurança dos usuários e a continuidade das atividades socioeconômicas. As condições superficiais dos pavimentos influenciam diretamente a qualidade do rolamento, tornando necessário o acompanhamento de sua deterioração e a identificação de segmentos que demandam intervenções de manutenção.

A escolha da Rodovia Estadual PI-141, especificamente no trecho selecionado entre os municípios de Canto do Buriti e Brejo do Piauí, está relacionada à possibilidade de caracterizar preliminarmente as condições superficiais do revestimento asfáltico por meio de registros fotográficos de intervenções localizadas de manutenção. A sistematização dessas informações permite documentar as características observáveis nas áreas analisadas e estabelecer uma

referência para futuras avaliações padronizadas das condições de conservação do pavimento.

Sob a perspectiva técnica, a análise visual dos registros fotográficos disponíveis possibilita documentar intervenções localizadas de manutenção e reconhecer características superficiais relevantes para a conservação do pavimento. Complementarmente, a apresentação dos procedimentos do Índice de Condição do Pavimento (ICP), conforme a ASTM D6433-18, estabelece uma referência metodológica para futuras inspeções quantitativas. Essa abordagem contribui para a sistematização das informações disponíveis, respeitando as limitações decorrentes da ausência de medições padronizadas e de levantamentos específicos sobre tráfego e drenagem.

No âmbito acadêmico, a pesquisa contribuirá para a aplicação prática de conhecimentos relacionados à pavimentação rodoviária, à identificação de manifestações patológicas e aos métodos de avaliação de pavimentos. Espera-se, assim, que o trabalho forneça informações técnicas úteis para futuras análises e para o planejamento de ações de manutenção no segmento estudado.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Caracterizar preliminarmente, por meio de análise visual qualitativa de registros fotográficos obtidos em campo, as condições superficiais de áreas documentadas de um trecho da Rodovia Estadual PI-141, localizado no município de Brejo do Piauí, estado do Piauí, com ênfase na identificação de remendos e intervenções localizadas de manutenção, bem como apresentar uma proposta

metodológica fundamentada na ASTM D6433-18 para orientar futuras avaliações quantitativas mediante aplicação do Índice de Condição do Pavimento (ICP).

1.3.2. Objetivos Específicos

a. Caracterizar a área de estudo, considerando sua localização e as informações disponíveis sobre o trecho selecionado da Rodovia Estadual PI-141;

b. Identificar e descrever as intervenções de manutenção observáveis nos registros fotográficos do revestimento asfáltico, com ênfase na presença de remendos;

c. Analisar qualitativamente as características superficiais das áreas reparadas, considerando sua configuração aparente, a delimitação das intervenções e as interfaces com o revestimento existente;

d. Discutir a relevância das condições de drenagem superficial para a conservação dos pavimentos, considerando as limitações das evidências disponíveis;

e. Apresentar os procedimentos técnicos necessários à aplicação do Índice de Condição do Pavimento (ICP), conforme a ASTM D6433-18;

f. Propor uma organização esquemática do segmento em seções e unidades amostrais, como referência para futuras inspeções quantitativas;

g. Identificar as limitações da análise visual e indicar levantamentos complementares necessários à avaliação sistemática das condições superficiais do pavimento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Estruturas de Pavimentos Rodoviários e Fatores de Desempenho

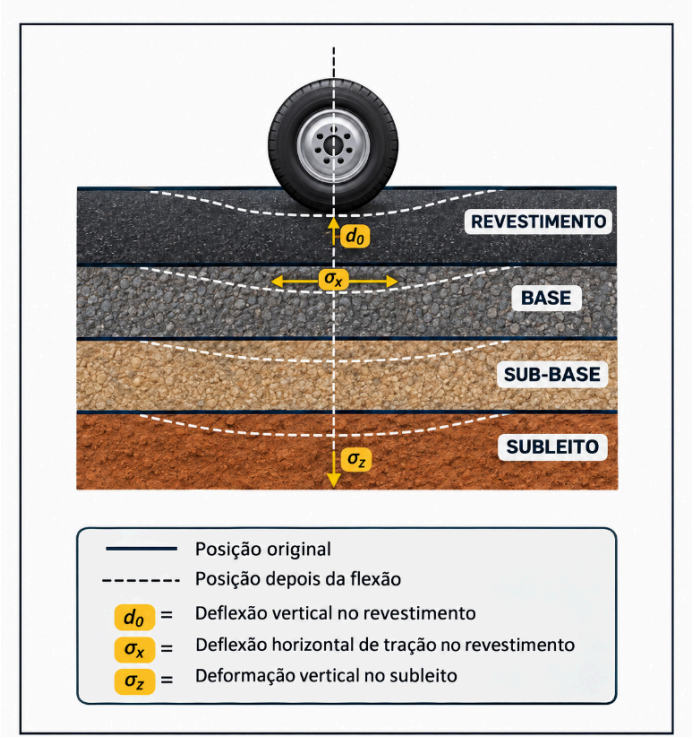
Os pavimentos rodoviários constituem estruturas projetadas para resistir às solicitações impostas pelo tráfego e proporcionar condições adequadas de segurança, conforto e funcionalidade aos usuários. Sua composição envolve diferentes camadas de materiais, dispostas sobre o terreno de fundação, que atuam conjuntamente na distribuição dos esforços transmitidos pelas rodas dos veículos. O desempenho dessas estruturas depende das propriedades mecânicas dos materiais empregados, das espessuras das camadas, das condições de suporte do subleito e dos procedimentos construtivos adotados (Bernucci *et al.*, 2010; Medina; Motta, 2015).

De acordo com Bernucci *et al.* (2010), os pavimentos podem apresentar diferentes configurações estruturais, destacando-se os pavimentos flexíveis, semirrígidos e rígidos. Os pavimentos flexíveis possuem revestimento asfáltico apoiado, geralmente, sobre camadas constituídas por materiais granulares, solos ou misturas de solo e agregados. Nos pavimentos semirrígidos, a utilização de materiais estabilizados com ligantes hidráulicos na base ou sub-base modifica a rigidez e a resposta mecânica da estrutura. Já os pavimentos rígidos possuem revestimento formado por placas de concreto de cimento Portland, que desempenham papel predominante na distribuição das cargas.

Nos pavimentos flexíveis, a estrutura pode ser composta por revestimento asfáltico, base, sub-base e, quando necessário, reforço do subleito. O revestimento constitui a camada superficial, diretamente submetida às ações do tráfego e às condições ambientais, tendo como funções proporcionar condições adequadas de rolamento e contribuir para a proteção das camadas inferiores. A base apresenta função estrutural relevante na distribuição dos esforços, enquanto a sub-base complementa o suporte e a distribuição das solicitações. O reforço do subleito, quando previsto em projeto, busca melhorar as condições de apoio da estrutura sobre o terreno de fundação (Bernucci *et al.*, 2010).

A distribuição dos esforços no interior do pavimento ocorre em função das características dos materiais e da interação entre as camadas. Quando um veículo trafega sobre a superfície, as cargas transmitidas pelos pneus produzem tensões e deformações que se propagam pela estrutura (Figura 3). A magnitude dessas respostas depende de fatores como intensidade do carregamento, rigidez das camadas, espessuras dos materiais e condições de suporte do subleito (Huang, 2004; Medina; Motta, 2015).

Figura 3. Representação Esquemática da Deformação em Pavimento Flexível



Fonte: *Adaptado de Brasil (2006b), com auxílio de inteligência artificial (2026).*

O desempenho dos pavimentos também está associado à sua capacidade de resistir à repetição das solicitações ao longo da vida de serviço. A passagem contínua dos veículos pode contribuir para o acúmulo de danos, especialmente quando a estrutura apresenta limitações de resistência ou quando as condições de utilização diferem daquelas consideradas no dimensionamento. Entre as respostas que merecem atenção destacam-se as deformações de tração, associadas a mecanismos de fadiga, e as deformações permanentes acumuladas nas diferentes camadas (Medina; Motta, 2015).

Além das solicitações mecânicas, fatores ambientais e construtivos influenciam o comportamento dos pavimentos. A presença de umidade, as variações de temperatura, as propriedades dos materiais e a qualidade da execução podem modificar o desempenho da estrutura e favorecer o desenvolvimento de defeitos superficiais. Dessa forma, a avaliação de um pavimento deve considerar sua constituição, as condições de carregamento e

os fatores externos que atuam durante sua utilização (Balbo, 2007; Bernucci *et al.*, 2010).

2.2. Mecanismos de Deterioração dos Pavimentos Asfálticos

A deterioração dos pavimentos asfálticos corresponde ao processo de redução progressiva de suas condições estruturais ou funcionais, decorrente da atuação de diferentes mecanismos ao longo da vida de serviço. Esse processo pode estar associado às solicitações repetidas do tráfego, às características dos materiais, às condições ambientais, à qualidade da execução e às intervenções de conservação realizadas na rodovia. A interação desses elementos pode favorecer o desenvolvimento de manifestações patológicas que comprometem a integridade do revestimento e as condições de utilização da via (Balbo, 2007).

A fadiga dos materiais asfálticos constitui um dos mecanismos de deterioração associados à repetição das solicitações mecânicas provenientes do tráfego. A passagem sucessiva dos veículos produz tensões e deformações no interior da estrutura, podendo favorecer o acúmulo progressivo de danos e o desenvolvimento de trincas no revestimento. A evolução desse processo depende das características mecânicas dos materiais, da intensidade e frequência dos carregamentos e das condições de suporte das camadas que compõem o pavimento (Huang, 2004; Medina; Motta, 2015).

Outro mecanismo relevante corresponde à deformação permanente, caracterizada pelo acúmulo de deformações não recuperáveis nas diferentes camadas do pavimento. Esse fenômeno pode ocorrer tanto no revestimento asfáltico quanto nas camadas granulares e no subleito, manifestando-se superficialmente por

meio de afundamentos, especialmente nas regiões submetidas à passagem frequente das rodas dos veículos. Sua ocorrência está relacionada à interação entre as propriedades dos materiais, as condições de carregamento e o comportamento estrutural do pavimento (Huang, 2004).

Embora esses mecanismos apresentem características distintas, ambos podem contribuir para a deterioração progressiva do pavimento e ocorrer simultaneamente. Dessa forma, a identificação de manifestações superficiais deve considerar a possibilidade de atuação conjunta de diferentes processos, não sendo suficiente, isoladamente, para determinar suas causas ou avaliar a capacidade estrutural da rodovia.

O envelhecimento dos materiais asfálticos também pode influenciar o desempenho do revestimento. A exposição às condições ambientais e os processos de oxidação podem modificar as propriedades do ligante asfáltico, alterando seu comportamento mecânico ao longo do tempo. Essas mudanças podem contribuir para a redução da capacidade de acomodar determinadas deformações e aumentar a suscetibilidade a processos de fissuração, dependendo das características da mistura e das condições de utilização (Bernucci *et al.*, 2010).

A presença de água constitui outro fator relevante na deterioração dos pavimentos. A infiltração por trincas, bordas ou regiões com deficiência de drenagem pode modificar as condições de umidade das camadas inferiores e comprometer o suporte de materiais sensíveis à presença de água. Quando associada às solicitações do tráfego, essa condição pode contribuir para a evolução de defeitos e para a redução do desempenho do pavimento (BRASIL, 2006a).

2.3. Manifestações Patológicas em Pavimentos Asfálticos

As manifestações patológicas em pavimentos asfálticos correspondem às alterações observáveis na superfície do revestimento que podem indicar processos de deterioração e comprometer o desempenho funcional da rodovia. Entre os defeitos encontrados nesse tipo de pavimento destacam-se trincamentos, afundamentos, panelas, desagregação superficial e remendos. A identificação dessas ocorrências constitui uma etapa fundamental para a avaliação das condições de conservação e para o planejamento de intervenções de manutenção (BALBO, 2007; (BRASIL, 2003a).

A avaliação das manifestações patológicas não deve considerar apenas a presença dos defeitos, mas também suas características, severidade e extensão. A utilização de critérios padronizados permite estabelecer comparações entre diferentes áreas do pavimento e produzir informações mais consistentes sobre suas condições superficiais. Nesse contexto, a ASTM D6433-18 estabelece procedimentos específicos para identificação, classificação e quantificação dos defeitos utilizados na determinação do Índice de Condição do Pavimento (ASTM, 2018).

2.3.1. Trincamentos e Fissuras

Os trincamentos constituem manifestações patológicas caracterizadas pela formação de descontinuidades no revestimento asfáltico, podendo apresentar diferentes configurações, extensões e níveis de severidade. Entre suas principais manifestações destacam-se as trincas longitudinais, transversais e interligadas, cuja

ocorrência pode estar associada a distintos mecanismos de deterioração do pavimento.

Dentre os tipos de trincamento, destacam-se as trincas por fadiga, que resultam do acúmulo progressivo de danos provocados pela repetição das solicitações do tráfego. De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos, a fadiga dos materiais asfálticos está relacionada aos efeitos cumulativos dos carregamentos sucessivos, podendo resultar, em estágios avançados, na formação de trincas interligadas com configuração semelhante ao couro de jacaré (Figura 4), frequentemente concentradas nas trilhas de roda (BRASIL, 2006b).

O desenvolvimento do trincamento por fadiga está associado às deformações de tração produzidas na mistura asfáltica durante a passagem dos veículos. A resistência à fadiga depende de características como a rigidez da mistura, o teor de ligante asfáltico, a granulometria dos agregados, o volume de vazios e as condições de temperatura e carregamento. Esses fatores influenciam o comportamento mecânico do revestimento e sua capacidade de resistir à repetição das solicitações (BRASIL, 2006b).

Conforme apresentado no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (BRASIL, 2006b), a relação entre a vida de fadiga e as deformações de tração pode ser representada por modelos empíricos, nos quais o número de repetições de carga até o início do trincamento depende da deformação específica máxima de tração e de constantes relacionadas às características da mistura asfáltica. Dessa forma, o desempenho à fadiga não depende exclusivamente da intensidade do tráfego, mas também das propriedades dos materiais empregados e das condições de solicitação.

Figura 4. Exemplo de trincamento por fadiga do tipo couro de jacaré.



Fonte: *Elaborada pelos autores com auxílio de inteligência artificial (2026).*

A identificação dessas manifestações é relevante para a avaliação das condições superficiais do pavimento, especialmente em métodos padronizados como o Índice de Condição do Pavimento (ICP). Entretanto, a presença de trincas não permite determinar isoladamente a capacidade estrutural da rodovia ou comprovar o mecanismo responsável por sua ocorrência, sendo necessária a consideração de informações complementares para uma análise mais abrangente.

A evolução das trincas pode favorecer a entrada de água no revestimento e contribuir para o desenvolvimento de outras manifestações patológicas. Por essa razão, sua identificação e classificação são relevantes para a avaliação da condição superficial, devendo considerar os critérios de severidade e quantificação estabelecidos pelo procedimento de inspeção adotado (ASTM, 2018).

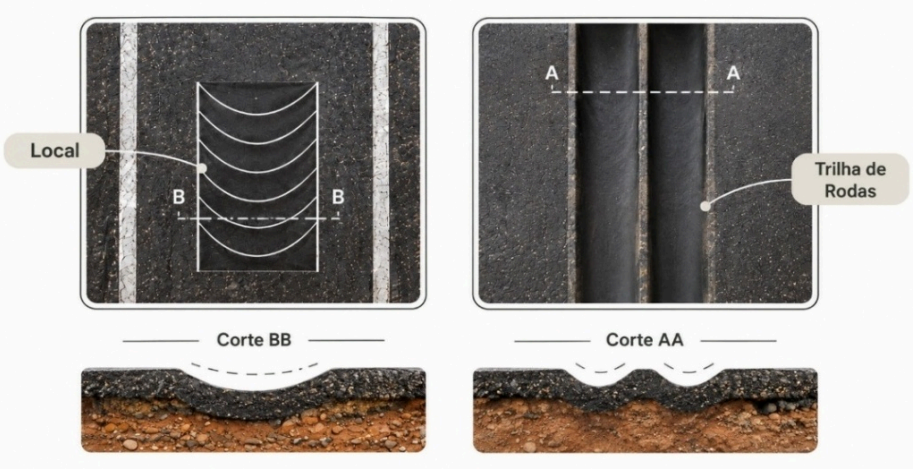
2.3.2. Afundamentos e Deformações Superficiais

Os afundamentos correspondem a alterações do perfil superficial do pavimento, caracterizadas pela formação de depressões localizadas

ou distribuídas ao longo das regiões de passagem das rodas dos veículos. Essas manifestações podem resultar do acúmulo de deformações permanentes no revestimento ou nas camadas inferiores, dependendo das propriedades dos materiais e das condições de carregamento (Huang, 2004).

Os afundamentos nas trilhas de roda (Figura 5) podem prejudicar as condições de rolamento e favorecer o acúmulo de água sobre a superfície. A presença dessas deformações pode estar associada a diferentes mecanismos, como deformações plásticas do revestimento ou consolidação e deformação das camadas subjacentes. A identificação da origem predominante exige informações complementares sobre a estrutura e suas condições de utilização (Medina; Motta, 2015).

Figura 5. Exemplo de Afundamento



Fonte: *DNIT 005/2003-TER - Anexo B, adaptado com auxílio de inteligência artificial (2026).*

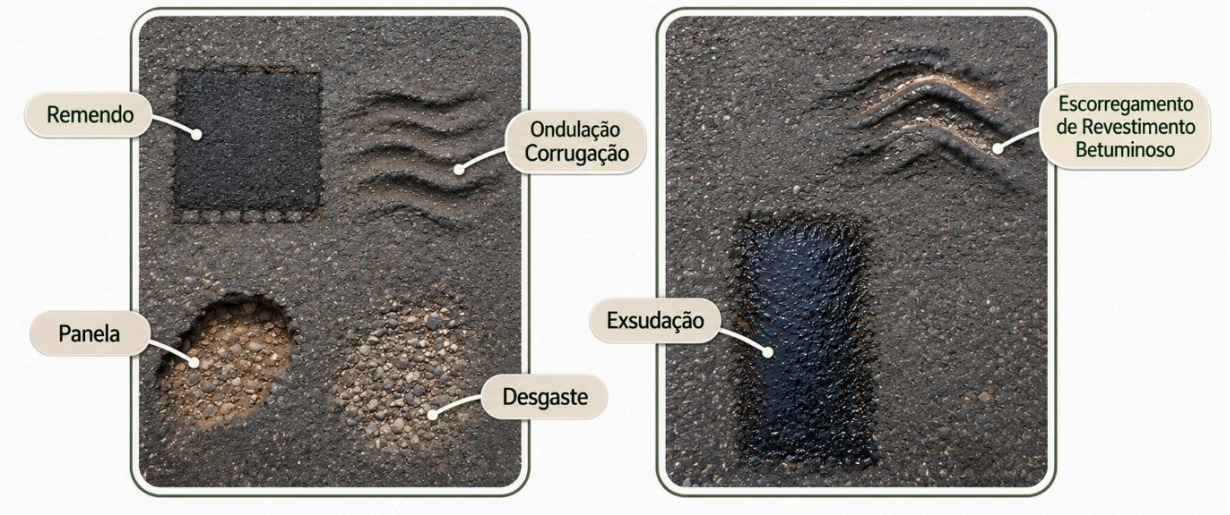
A avaliação desse tipo de manifestação deve considerar sua configuração, extensão e severidade, observando os critérios específicos do método utilizado. No levantamento pelo ICP, os defeitos são registrados conforme as categorias e os procedimentos definidos na ASTM D6433-18.

2.3.3. Panelas e Desagregação Superficial

As panelas, também conhecidas como buracos, caracterizam-se pela perda localizada de material do revestimento asfáltico, resultando na formação de cavidades na superfície do pavimento. Essas manifestações podem comprometer as condições de segurança e conforto dos usuários, especialmente quando apresentam dimensões significativas ou ocorrem em áreas submetidas ao tráfego frequente (Balbo, 2007).

A formação de panelas (Figura 6) pode estar relacionada à evolução de defeitos anteriores, como trincamentos e processos de desagregação, sob a ação das solicitações do tráfego e das condições ambientais. Entretanto, sua origem específica depende das características do pavimento e das condições locais, não sendo possível estabelecer uma causa única apenas pela observação superficial.

Figura 6. Representação dos defeitos superficiais em pavimentos flexíveis: remendos, panelas, desgaste, ondulações, escorregamento e exsudação.



Fonte: *Adaptado de DNIT (2003), com auxílio de inteligência artificial (2026).*

A desagregação superficial corresponde à perda progressiva de partículas ou agregados do revestimento, podendo provocar alterações na textura e na integridade da camada asfáltica. Esse processo pode estar relacionado às características dos materiais, às condições de execução, ao envelhecimento e à atuação do tráfego e do ambiente (Bernucci *et al.*, 2010).

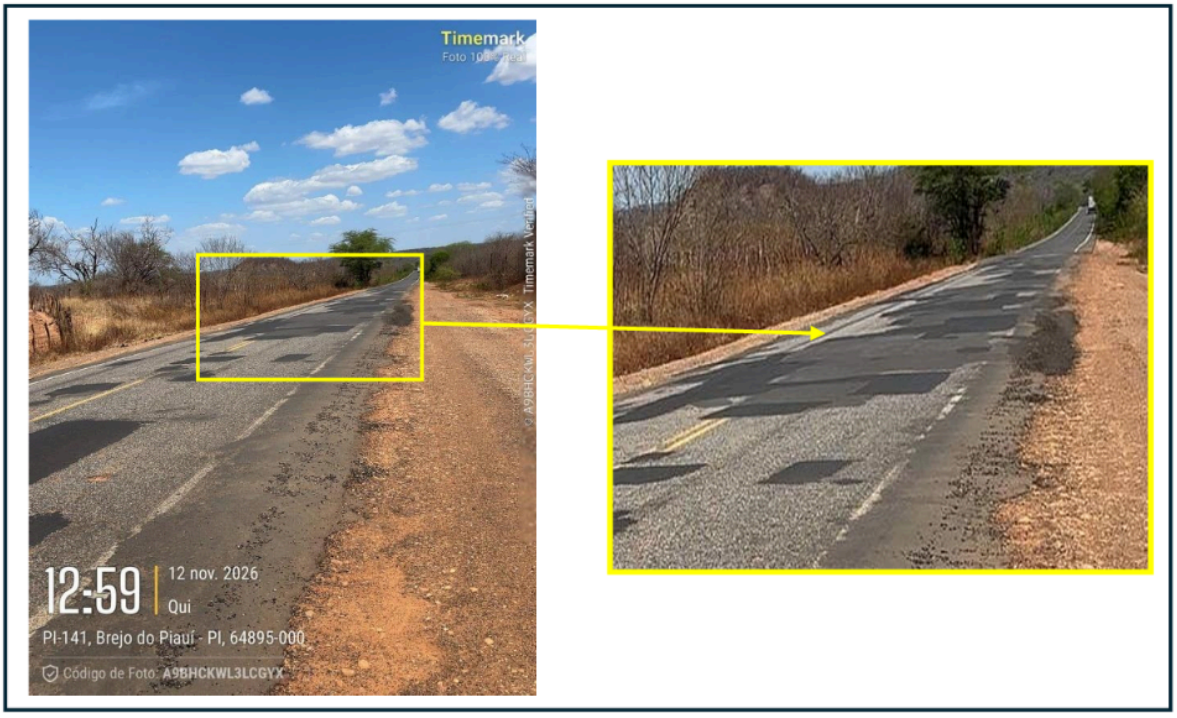
A identificação e a quantificação dessas manifestações permitem caracterizar o estado de conservação da superfície e contribuir para a determinação do ICP, conforme os critérios específicos aplicáveis a cada tipo de defeito (ASTM, 2018).

2.3.4. Remendos e Intervenções Localizadas

Os remendos (Figura 7) correspondem a intervenções realizadas em áreas localizadas do revestimento asfáltico, geralmente com a finalidade de corrigir defeitos existentes e restabelecer as condições de utilização da superfície. Essas intervenções podem apresentar diferentes dimensões e características, dependendo da natureza do problema e dos procedimentos adotados durante sua execução (Balbo, 2007).

Embora representem ações de conservação, os remendos integram a condição superficial existente e devem ser considerados durante a avaliação do pavimento. Sua presença não indica, necessariamente, deficiência na execução ou comprometimento estrutural, uma vez que a qualidade e o comportamento dessas intervenções dependem de diferentes fatores. A ASTM D6433-18 contempla a avaliação de remendos conforme critérios específicos de classificação e severidade (ASTM, 2018).

Figura 7. Fotografia De Remendos Registrados Na Rodovia PI-141



Fonte: Acervo dos Autores, fotografia realizada in-loco (2026).

A análise das condições dos remendos permite complementar a caracterização superficial do pavimento, especialmente quando são observadas irregularidades ou manifestações patológicas associadas às áreas anteriormente recuperadas. Entretanto, a determinação das causas de eventuais falhas exige informações adicionais sobre as intervenções executadas e as condições da estrutura.

2.4. Índice de Condição do Pavimento (ICP/PCI).

2.4.1. Conceito E Finalidade do ICP

A avaliação sistemática das condições dos pavimentos constitui uma ferramenta importante para a gestão da infraestrutura rodoviária, pois permite identificar segmentos com diferentes níveis de deterioração e fornecer informações para o planejamento de intervenções. Entre os métodos empregados para essa finalidade, destaca-se o *Pavement Condition Index* (PCI), denominado neste trabalho Índice de Condição do Pavimento (ICP), estabelecido pela norma ASTM D6433-18.

O ICP consiste em um indicador numérico da condição superficial do pavimento, determinado a partir de inspeção visual padronizada dos defeitos existentes. O método considera os tipos de manifestações patológicas, seus níveis de severidade e suas respectivas quantidades ou extensões, permitindo representar as condições observadas por meio de um índice que varia de 0 a 100 (ASTM, 2018).

Valores próximos de 100 indicam melhores condições superficiais, enquanto valores reduzidos representam maior deterioração segundo os critérios do método. Dessa forma, o ICP permite comparar unidades amostrais, acompanhar a evolução da condição superficial e fornecer informações para a definição de prioridades de conservação.

2.4.2. Classificação dos Defeitos, Severidade e Extensão

A determinação do ICP depende da identificação e classificação dos defeitos presentes na superfície do pavimento. A ASTM D6433-18 estabelece categorias de manifestações patológicas e critérios para seu registro, considerando características como configuração, quantidade e severidade.

A severidade representa o grau de desenvolvimento ou intensidade do defeito, conforme os critérios específicos estabelecidos para cada manifestação. A extensão, por sua vez, corresponde à quantidade ou dimensão da ocorrência, sendo registrada segundo as unidades de medição previstas no procedimento de inspeção. Esses parâmetros são fundamentais para a determinação dos valores de dedução utilizados no cálculo do índice (ASTM, 2018).

A utilização de critérios padronizados contribui para reduzir a subjetividade do levantamento visual e permite que diferentes unidades amostrais sejam avaliadas de maneira consistente. Entretanto, a confiabilidade dos resultados depende da correta identificação dos defeitos e do cumprimento dos procedimentos estabelecidos pela norma.

2.4.3. Unidades Amostrais e Determinação do Índice

A aplicação do ICP envolve a organização da área avaliada em seções e unidades amostrais, permitindo que a inspeção seja realizada de forma sistemática. A divisão do pavimento em unidades possibilita registrar as manifestações patológicas em áreas delimitadas e calcular índices representativos das condições superficiais observadas (ASTM, 2018).

O procedimento de cálculo considera os defeitos identificados, suas severidades e densidades, a partir dos quais são determinados valores de dedução. Conforme as regras estabelecidas pela norma, esses valores são utilizados para obter o índice da unidade amostral, representando numericamente sua condição superficial.

A avaliação de diferentes unidades amostrais permite caracterizar a distribuição espacial da deterioração e subsidiar a determinação da condição da seção avaliada. A representatividade do resultado depende da delimitação adequada da área de estudo, da seleção das unidades e da aplicação consistente do procedimento normativo.

2.4.4. Limitações do ICP e Outros Métodos de Avaliação

O Índice de Condição do Pavimento (ICP), correspondente ao *Pavement Condition Index* (PCI), constitui um indicador utilizado para caracterizar as condições superficiais dos pavimentos com base na identificação, classificação e quantificação padronizada das manifestações patológicas. Conforme a ASTM D6433-18, sua determinação considera os tipos de defeitos, os níveis de severidade e as respectivas densidades nas unidades amostrais inspecionadas, resultando em uma escala numérica de 0 a 100 (ASTM International, 2018).

Embora forneça informações relevantes sobre o estado superficial do pavimento, o ICP não representa uma medida direta de sua capacidade estrutural, da irregularidade longitudinal ou das condições de aderência entre pneus e revestimento. A avaliação desses parâmetros exige procedimentos e equipamentos específicos, que não são substituídos pela inspeção visual prevista no método.

No contexto brasileiro, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) estabelece procedimentos próprios para a avaliação das condições dos pavimentos rodoviários. Entre eles, destaca-se a Norma DNIT 006/2003-PRO, relacionada à avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, por meio da determinação do Índice de Gravidade Global (IGG).

Outro indicador utilizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes é o Índice da Condição da Superfície (ICS), empregado para representar a situação funcional dos pavimentos por meio de conceitos classificados de 1 a 5. Sua determinação considera a relação entre as faixas de valores do Índice de Gravidade Global (IGG) e do Índice de Irregularidade

Internacional (IRI), sendo adotada a condição mais desfavorável entre os dois indicadores para a definição do conceito final (BRASIL, s. d.).

A Tabela 1 apresenta os intervalos de referência utilizados na classificação do ICS, considerando os indicadores IGG e IRI.

Tabela 1. *Relação entre os índices IGG, IRI e ICS para classificação da condição superficial dos pavimentos.*

IGG Índice de Gravidade Global	**IRI** *International Roughness Index* (m/km)	**ICS** Índice da Condição da Superfície	**Conceito**
0 ≤ IGG ≤ 20	0 ≤ IRI ≤ 2,5	**5**	**Ótimo**
20 < IGG ≤ 40	2,5 < IRI ≤ 3,5	**4**	**Bom**
40 < IGG ≤ 80	3,5 < IRI ≤ 4,5	**3**	**Regular**
80 < IGG ≤ 160	4,5 < IRI ≤ 6,0	**2**	**Ruim**
IGG > 160	IRI > 6,0	**1**	**Péssimo**

Nota: A classificação do ICS considera a pior condição entre os índices IGG e IRI.

Fonte: *Adaptado de Brasil (s. d., p. 1).*

É importante destacar que o ICP, o IGG e o ICS correspondem a procedimentos distintos, com critérios próprios de levantamento, processamento e interpretação dos resultados. Portanto, seus valores não devem ser tratados como equivalentes ou diretamente intercambiáveis.

No presente estudo, a ASTM D6433-18 é utilizada como referência para a elaboração de uma proposta metodológica de avaliação quantitativa futura do trecho selecionado da Rodovia Estadual PI-141. Os indicadores adotados pelo DNIT são apresentados exclusivamente para contextualização teórica, não sendo realizados

seus cálculos ou aplicados seus critérios de classificação à rodovia estudada.

2.5. Fatores Associados à Deterioração dos Pavimentos

2.5.1. Influência do Tráfego e dos Veículos Pesados

O tráfego rodoviário constitui um dos principais fatores considerados na análise do desempenho dos pavimentos, uma vez que a passagem dos veículos produz solicitações mecânicas transmitidas às diferentes camadas da estrutura. A magnitude dessas solicitações depende de características como cargas por eixo, configuração dos veículos, pressão de contato dos pneus e propriedades dos materiais constituintes do pavimento (Huang, 2004).

A repetição das cargas ao longo do tempo pode contribuir para o desenvolvimento de mecanismos de fadiga e deformações permanentes. Nesse contexto, a participação de veículos pesados merece atenção, pois suas características de carregamento podem produzir solicitações estruturais significativas, especialmente em pavimentos submetidos a elevado número de repetições de carga (Medina; Motta, 2015).

Entretanto, a quantidade de veículos observada durante um levantamento pontual não representa, isoladamente, o histórico de solicitações acumuladas durante a vida útil da rodovia. A análise completa do carregamento exige informações sobre a distribuição temporal do tráfego, as características dos eixos e as cargas efetivamente transportadas.

Assim, a caracterização do tráfego pode fornecer informações complementares para compreender as condições de utilização de

um trecho rodoviário, mas não permite, por si só, estabelecer relações causais entre a circulação de veículos pesados e as manifestações patológicas observadas.

2.5.2. Influência das Condições de Drenagem

A drenagem constitui um elemento importante para o desempenho dos pavimentos rodoviários, pois busca controlar a presença e o escoamento da água na plataforma e nas áreas adjacentes. O sistema de drenagem superficial tem como finalidade favorecer o afastamento das águas que atingem a superfície, enquanto os dispositivos subsuperficiais, quando existentes, contribuem para controlar a umidade nas camadas inferiores da estrutura (BRASIL, 2006a).

Quando o escoamento não ocorre de maneira adequada, podem surgir condições favoráveis ao acúmulo e à infiltração de água. A presença excessiva de umidade pode alterar o comportamento de materiais sensíveis à água, reduzir sua capacidade de suporte e contribuir para a evolução de defeitos, especialmente sob a ação repetida das cargas de tráfego.

Entre as condições observáveis relacionadas à drenagem encontram-se o acúmulo de água sobre a superfície, a obstrução de dispositivos, a erosão nas bordas e as dificuldades aparentes de escoamento. O registro dessas características pode contribuir para a contextualização dos defeitos identificados durante a inspeção do pavimento.

Entretanto, a observação visual das condições de drenagem não substitui avaliações hidráulicas ou geotécnicas específicas. Dessa forma, a associação entre deficiências aparentes de drenagem e

manifestações patológicas deve ser interpretada com cautela, considerando as limitações das informações disponíveis.

2.5.3. Interação Entre os Fatores de Deterioração

A deterioração dos pavimentos asfálticos resulta frequentemente da interação entre diferentes fatores, incluindo tráfego, umidade, características dos materiais, condições construtivas, envelhecimento e manutenção. Esses elementos podem atuar simultaneamente, modificando o comportamento da estrutura e favorecendo o desenvolvimento de manifestações patológicas (Balbo, 2007; Medina; Motta, 2015).

A presença de trincas, por exemplo, pode facilitar a infiltração de água, enquanto condições desfavoráveis de suporte podem aumentar a suscetibilidade do pavimento aos efeitos das solicitações repetidas. Dessa forma, os processos de deterioração podem apresentar relações de influência mútua, dificultando a identificação de uma causa única para os defeitos observados.

A análise integrada das condições superficiais, do tráfego e da drenagem pode contribuir para uma compreensão mais abrangente do contexto de deterioração. Contudo, a identificação de associações entre essas variáveis não equivale à comprovação de relações causais, especialmente quando a investigação se baseia em inspeções visuais e levantamentos pontuais.

2.6. Avaliação e Conservação de Pavimentos Rodoviários

A conservação dos pavimentos rodoviários compreende um conjunto de atividades destinadas à manutenção das condições de utilização da via e à preservação de seu desempenho ao longo da

vida de serviço. O planejamento dessas atividades depende do conhecimento das condições existentes, da identificação dos defeitos e da definição de prioridades de intervenção, considerando critérios técnicos e a disponibilidade de recursos (DNIT, 2011).

As atividades de conservação podem apresentar caráter preventivo ou corretivo, conforme a condição do pavimento e os objetivos da intervenção. A conservação preventiva busca reduzir a possibilidade de evolução dos danos e preservar as condições de utilização, enquanto as intervenções corretivas procuram tratar manifestações patológicas já existentes. A escolha das medidas adequadas depende da natureza, extensão e severidade dos defeitos identificados.

A realização de avaliações periódicas permite acompanhar a evolução da deterioração e identificar segmentos que apresentam maior necessidade de atenção. Nesse contexto, os indicadores padronizados de condição superficial podem contribuir para organizar informações, comparar áreas e subsidiar decisões relacionadas ao planejamento da manutenção.

O Índice de Condição do Pavimento representa uma ferramenta útil nesse processo, pois permite sintetizar as condições superficiais observadas e identificar diferenças entre unidades amostrais. Entretanto, a definição de soluções de engenharia deve considerar também informações complementares sobre as características estruturais, o tráfego, a drenagem e as condições de utilização da rodovia.

Dessa forma, a caracterização visual preliminar das condições superficiais de áreas documentadas do trecho selecionado da

Rodovia Estadual PI-141 permite registrar aspectos observáveis do revestimento asfáltico, especialmente a presença de remendos e intervenções localizadas de manutenção. Entretanto, a elaboração de um diagnóstico técnico abrangente dependerá de levantamentos complementares, incluindo inspeções padronizadas das manifestações patológicas, avaliação das condições de drenagem e caracterização do tráfego. Nesse contexto, a sistematização dos procedimentos para futura aplicação do Índice de Condição do Pavimento (ICP) constitui uma contribuição metodológica para o planejamento de avaliações quantitativas e de ações de conservação rodoviária.

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, de natureza descritiva e abordagem predominantemente qualitativa, desenvolvida por meio de um estudo de caso em áreas documentadas de um trecho da Rodovia Estadual PI-141, localizado no município de Brejo do Piauí, estado do Piauí.

O estudo tem como finalidade realizar uma caracterização preliminar das condições superficiais do revestimento asfáltico, com ênfase na identificação visual de intervenções localizadas de manutenção, especialmente remendos, a partir de registros fotográficos obtidos no trecho estudado.

A abordagem qualitativa fundamenta-se na interpretação descritiva das características perceptíveis nas imagens, considerando a configuração das áreas reparadas, a delimitação entre os remendos e o revestimento existente, bem como possíveis diferenças

superficiais identificáveis. Segundo Balbo (2007), a avaliação das condições dos pavimentos constitui uma atividade relevante para o planejamento de ações de conservação e restauração rodoviária.

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa foi organizada em duas etapas complementares. A primeira corresponde à análise visual dos registros fotográficos de campo, destinada à caracterização das intervenções documentadas. A segunda consiste na elaboração de uma proposta metodológica para futura avaliação quantitativa das condições superficiais do pavimento, fundamentada nos procedimentos estabelecidos pela ASTM D6433-18 (ASTM International, 2018).

A proposta contempla a organização do segmento rodoviário em seções e unidades amostrais, a identificação e classificação das manifestações patológicas, a determinação de suas quantidades e os procedimentos necessários ao cálculo do Índice de Condição do Pavimento (ICP), correspondente ao *Pavement Condition Index* (PCI).

Entretanto, não foi realizada a determinação numérica do ICP, uma vez que os registros disponíveis não foram acompanhados de levantamentos padronizados suficientes para mensurar os defeitos, classificar seus níveis de severidade e determinar suas densidades nas unidades amostrais.

Dessa forma, a pesquisa integra a caracterização visual das intervenções documentadas à apresentação de procedimentos técnicos para futuras avaliações quantitativas, reconhecendo as limitações das informações disponíveis.

3.2. Delimitação e Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo compreende pontos documentados de um segmento pavimentado da Rodovia Estadual PI-141, situado no município de Brejo do Piauí, no contexto da ligação rodoviária com o município de Canto do Buriti, no estado do Piauí.

A escolha do trecho está relacionada à disponibilidade de registros fotográficos de intervenções localizadas de manutenção no revestimento asfáltico, permitindo a caracterização preliminar das condições superficiais observadas.

A conservação de pavimentos rodoviários constitui uma atividade importante para a manutenção das condições de circulação e para a preservação da infraestrutura existente. Conforme Balbo (2007), o planejamento das intervenções de conservação e restauração deve considerar as características dos pavimentos, os mecanismos de deterioração e as condições de desempenho da estrutura.

A caracterização espacial da área foi apresentada na introdução deste trabalho, não sendo necessária sua reprodução neste capítulo. Na metodologia, a delimitação do estudo corresponde às áreas efetivamente documentadas nos registros fotográficos.

Embora as imagens apresentem informações de identificação do local, não foram realizados levantamentos geométricos detalhados que permitissem estabelecer a extensão total do segmento analisado, a largura efetiva da pista ou a localização precisa de todas as áreas fotografadas.

Assim, as observações desenvolvidas nesta pesquisa restringem-se aos pontos documentados, não sendo possível generalizar os resultados para toda a extensão da Rodovia PI-141.

Para uma futura avaliação quantitativa pelo ICP, será necessária a delimitação precisa do segmento a ser inspecionado, acompanhada da identificação de seus pontos inicial e final, extensão, largura da pista e características do revestimento.

3.3. Procedimentos de Coleta e Fontes de Informação

As informações utilizadas na pesquisa foram organizadas em duas categorias principais: registros fotográficos de campo e referências bibliográficas e normativas.

A primeira categoria corresponde aos registros fotográficos obtidos na Rodovia Estadual PI-141, que constituem a principal fonte de informação empírica do estudo. As imagens documentam intervenções localizadas de manutenção no revestimento asfáltico, especialmente remendos distribuídos em diferentes áreas da pista.

A documentação fotográfica foi realizada durante visita ao trecho estudado, com o propósito de registrar as condições superficiais observáveis do revestimento asfáltico, especialmente as intervenções localizadas de manutenção. Os registros constituem uma fonte de evidência visual das condições existentes no momento da visita, permitindo a análise descritiva das características aparentes do pavimento. A atividade não correspondeu a uma inspeção quantitativa padronizada, uma vez que não foram executados procedimentos sistemáticos de delimitação de unidades amostrais, mensuração dos defeitos ou classificação de seus níveis de severidade conforme a ASTM D6433-18.

Os registros apresentados possuem identificação visual da Rodovia PI-141, no município de Brejo do Piauí, e indicam a data de 12 de

novembro de 2026. Essas informações foram consideradas para a organização documental das fotografias, sem que os dados impressos nas imagens substituam a verificação georreferenciada do trecho.

As fotografias permitem observar a configuração superficial dos remendos, sua distribuição aparente, a relação com o revestimento existente e a presença de diferenças visuais entre as áreas reparadas e as adjacentes. Entretanto, não permitem determinar isoladamente a espessura dos materiais empregados, a extensão precisa dos defeitos ou as condições estruturais do pavimento.

Para a apresentação e análise das condições documentadas, foram selecionados cinco registros fotográficos, identificados posteriormente pelos códigos F01 a F05, considerando a possibilidade de visualização das intervenções de manutenção e das características superficiais do revestimento. A seleção teve caráter descritivo e não probabilístico, não constituindo uma amostragem representativa da extensão total do segmento rodoviário. Dessa forma, os registros foram utilizados para caracterizar as áreas fotografadas, sem extrapolar as observações para regiões não documentadas.

A Figura 8 apresenta três registros fotográficos obtidos no trecho estudado, evidenciando intervenções localizadas de manutenção no revestimento asfáltico e diferentes configurações aparentes das áreas reparadas.

Figura 8. Registros fotográficos de intervenções localizadas de manutenção no pavimento asfáltico da Rodovia Estadual PI-141.



Fonte: Acervo dos autores, registros fotográficos realizados em campo (2026).

A Figura 8 permite reconhecer remendos com formatos irregulares e diferenças visuais em relação ao revestimento adjacente. Observam-se também intervenções próximas ao bordo da pista, cuja caracterização detalhada será desenvolvida no estudo de caso.

A Figura 9 apresenta registros complementares do mesmo contexto rodoviário, permitindo observar a distribuição aparente de diferentes áreas reparadas ao longo da superfície de rolamento e sua relação com o bordo da pista.

Os registros apresentados na Figura 9 complementam a documentação das intervenções, oferecendo uma perspectiva mais ampla da distribuição dos remendos no trecho fotografado. A presença de um veículo de carga constitui apenas um elemento contextual da imagem, não sendo suficiente para caracterizar o volume, a composição ou a intensidade do tráfego na rodovia.

Figura 9. *Vista do trecho da Rodovia Estadual PI-141 com remendos distribuídos ao longo do revestimento asfáltico.*



Fonte: Registros fotográficos de campo (2026).

A segunda categoria de informações corresponde à pesquisa bibliográfica e documental, fundamentada em publicações técnicas sobre pavimentação asfáltica, manifestações patológicas, conservação rodoviária e avaliação das condições superficiais.

Foram utilizadas como referências obras de Balbo (2007), Huang (2004) e Medina e Motta (2015), além da ASTM D6433-18 (ASTM International, 2018), adotada como referência para a proposta de avaliação quantitativa futura.

Complementarmente, foram consideradas normas e publicações técnicas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), utilizadas para contextualizar os procedimentos de conservação e avaliação dos pavimentos rodoviários.

3.4. Procedimentos de Organização e Análise Visual dos Registros Fotográficos

A análise dos registros fotográficos foi desenvolvida por meio de uma abordagem visual e descritiva, com a finalidade de caracterizar as intervenções de manutenção identificáveis nas áreas documentadas da Rodovia Estadual PI-141.

Inicialmente, as imagens foram examinadas considerando a visibilidade das áreas reparadas e sua relação com o revestimento existente. Foram priorizadas as características que poderiam ser reconhecidas diretamente nos enquadramentos, sem necessidade de medições ou informações complementares.

A análise considerou os seguintes aspectos: presença e distribuição aparente dos remendos, configuração geométrica das áreas reparadas, delimitação entre os materiais, diferenças de textura e tonalidade superficial e eventuais descontinuidades visíveis.

Para organizar a documentação utilizada na análise descritiva, foram selecionados cinco registros fotográficos, identificados pelos códigos sequenciais F01 a F05 e apresentados nas Figuras 8 e 9. Essa codificação corresponde ao conjunto de imagens analisadas no Capítulo 4, distinguindo-o dos registros fotográficos utilizados exclusivamente como apoio ilustrativo à proposta metodológica apresentada na Figura 11.

A interpretação das características observadas foi fundamentada nos conceitos de manifestações patológicas e conservação de pavimentos apresentados por Balbo (2007) e Medina e Motta (2015), considerando que a presença de remendos evidencia intervenções de manutenção, mas não permite determinar isoladamente as causas dos defeitos que motivaram sua execução.

As imagens não foram utilizadas para determinar quantitativamente a extensão dos defeitos, classificar seus níveis de severidade ou estimar as condições estruturais do pavimento, uma vez que esses procedimentos exigem levantamentos específicos.

Quanto à drenagem, foram consideradas apenas as características visíveis nas fotografias. A ausência de dispositivos em determinado enquadramento não foi interpretada como evidência de inexistência ou deficiência de funcionamento ao longo do trecho.

Dessa maneira, o procedimento adotado permite desenvolver uma caracterização preliminar das condições superficiais documentadas, distinguindo as evidências observadas das interpretações que dependem de investigações complementares.

3.5. Proposta Metodológica para Aplicação do Índice de Condição do Pavimento (ICP)

O Índice de Condição do Pavimento (ICP), correspondente ao *Pavement Condition Index* (PCI), constitui um indicador utilizado para avaliar quantitativamente as condições superficiais dos pavimentos, com base na identificação, classificação e mensuração padronizada das manifestações patológicas.

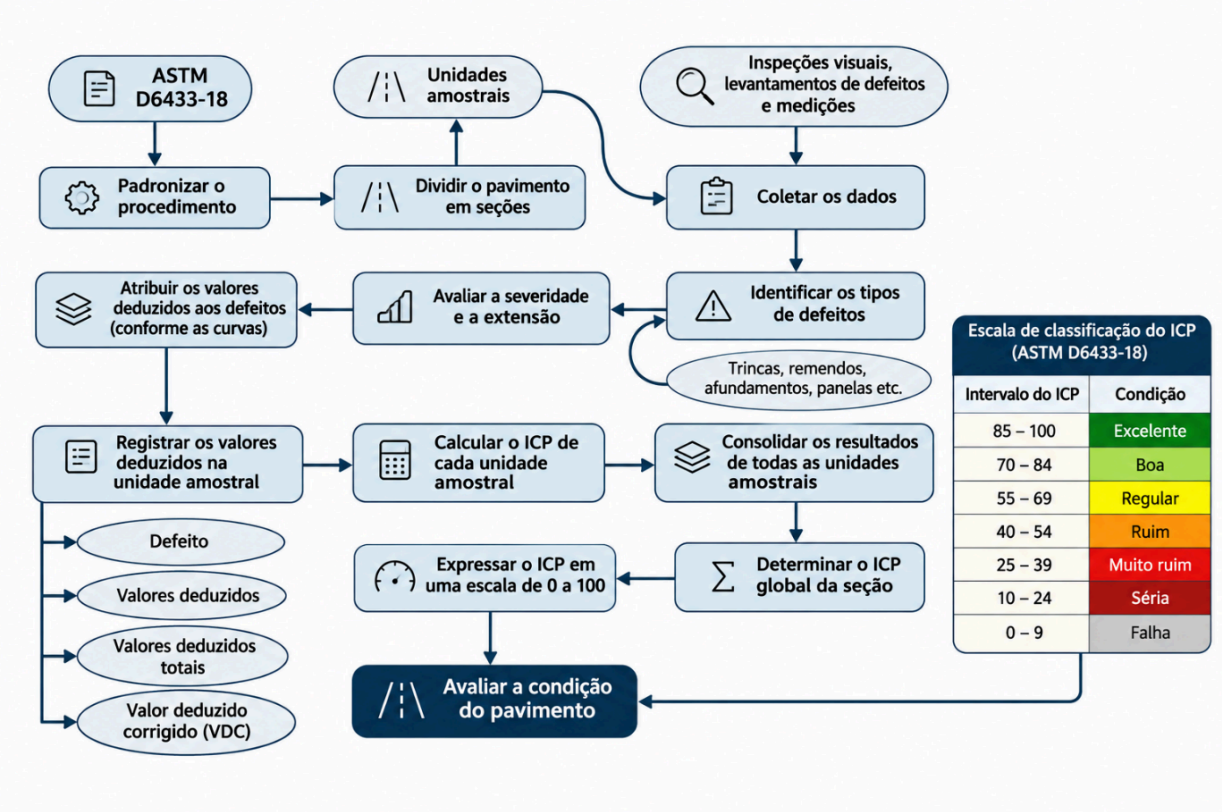
Conforme a ASTM D6433-18, a determinação do índice considera os tipos de defeitos, seus respectivos níveis de severidade e as quantidades identificadas nas unidades amostrais inspecionadas, permitindo obter valores de condição superficial em uma escala de 0 a 100 (ASTM International, 2018).

No presente estudo, o método é apresentado como proposta para uma futura avaliação quantitativa do trecho selecionado da Rodovia Estadual PI-141, não tendo sido aplicado numericamente às áreas documentadas.

A Figura 10 apresenta, de forma esquemática, as etapas propostas para a determinação do Índice de Condição do Pavimento (ICP),

compreendendo a organização das unidades amostrais, a identificação e classificação das manifestações patológicas, a determinação dos valores deduzidos e o cálculo do índice. Ressalta-se que os procedimentos são apresentados como proposta para uma futura avaliação quantitativa da Rodovia Estadual PI-141, não correspondendo a levantamentos integralmente executados nesta pesquisa.

Figura 10. Fluxograma dos procedimentos propostos para determinação do Índice de Condição do Pavimento (ICP).



Fonte: *Elaboração própria (2026), com base na ASTM D6433-18, com auxílio de inteligência artificial.*

O fluxograma evidencia que a determinação do ICP depende de procedimentos sequenciais e padronizados. Sua apresentação nesta pesquisa possui finalidade metodológica, não representando a execução integral das etapas no trecho estudado.

3.5.1. Delimitação das Seções e Unidades Amostrais

A primeira etapa de uma futura aplicação do ICP deverá compreender a delimitação precisa do segmento rodoviário, mediante identificação dos pontos inicial e final, extensão, largura da pista e características do revestimento.

Posteriormente, o segmento deverá ser organizado em seções relativamente homogêneas, considerando aspectos como tipo de revestimento, características geométricas e condições de utilização, conforme os critérios estabelecidos pela ASTM D6433-18.

Cada seção deverá ser subdividida em unidades amostrais, que constituirão as áreas de referência para a identificação, classificação e quantificação das manifestações patológicas.

Para pavimentos asfálticos, a ASTM D6433-18 estabelece como referência unidades amostrais com área de 225 m², admitindo variação de 90 m² para mais ou para menos.

O número mínimo de unidades amostrais a serem inspecionadas em cada seção poderá ser determinado pela Equação 1, conforme os procedimentos de amostragem previstos na ASTM D6433-18.

Equação 1 - Determinação do número mínimo de unidades amostrais

$$n = \frac{N \times s^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right)(N-1) + s^2}$$

Em que:

- n : número mínimo de unidades amostrais a serem inspecionadas;

- N: número total de unidades amostrais da seção;

- S : estimativa do desvio-padrão dos valores de ICP;

- e : erro admissível na estimativa do índice.

Para o planejamento inicial de inspeções em pavimentos asfálticos, poderão ser considerados um desvio-padrão estimado de 10 pontos de ICP e um erro admissível de 5 pontos, conforme os parâmetros de referência do método.

O resultado deverá ser arredondado para o número inteiro imediatamente superior, respeitando-se os demais critérios normativos de amostragem. A seleção das unidades poderá ocorrer por amostragem sistemática com início aleatório, buscando distribuir as áreas inspecionadas ao longo de cada seção.

A Figura 11 apresenta registros fotográficos obtidos durante visita de campo à Rodovia Estadual PI-141, utilizados como referência visual para ilustrar uma possível organização do trecho em seções destinadas à futura aplicação do Índice de Condição do Pavimento (ICP).

Figura 11. Registros fotográficos de áreas da Rodovia Estadual PI-141 utilizados para ilustrar a proposta de organização em seções.



Fonte: *Acervo dos autores, registros fotográficos de campo (2026).*

As fotografias apresentadas na Figura 11 correspondem a registros reais obtidos durante visita de campo ao trecho estudado da Rodovia Estadual PI-141. As denominações Seção A, Seção B e Seção C foram atribuídas exclusivamente para ilustrar a proposta de organização espacial da futura avaliação pelo ICP, não representando seções formalmente delimitadas ou unidades amostrais inspecionadas conforme a ASTM D6433-18. Embora documentem condições superficiais observadas na rodovia, as fotografias não substituem os levantamentos geométricos e as inspeções padronizadas necessários à determinação do índice. A definição efetiva das seções, de suas extensões e da quantidade de unidades amostrais dependerá de levantamentos complementares em campo.

3.5.2. Identificação e Classificação das Manifestações Patológicas

Após a definição das unidades amostrais, deverão ser realizadas inspeções visuais padronizadas, destinadas à identificação dos tipos de defeitos presentes no revestimento asfáltico.

A classificação deverá seguir as categorias estabelecidas pela ASTM D6433-18, considerando as características específicas de cada manifestação patológica e seus respectivos níveis de severidade, quando aplicáveis.

Entre os defeitos contemplados pelo procedimento normativo, destacam-se os remendos, as trincas por fadiga, os afundamentos e outras manifestações superficiais que poderão ser identificadas durante as inspeções.

Cada ocorrência deverá ser registrada e mensurada conforme os critérios normativos correspondentes, considerando área, extensão ou quantidade, de acordo com o tipo de defeito.

Essas informações permitirão determinar as densidades das manifestações patológicas nas unidades amostrais, constituindo a base para a obtenção dos valores deduzidos utilizados no cálculo do ICP. A identificação visual de remendos nos registros fotográficos da presente pesquisa não substitui esses procedimentos, uma vez que as imagens disponíveis não permitem determinar todos os parâmetros necessários à avaliação quantitativa.

3.5.3. Procedimentos Propostos para o Cálculo do ICP

Após a identificação, classificação e mensuração das manifestações patológicas, deverão ser determinadas suas respectivas densidades nas unidades amostrais, conforme os procedimentos estabelecidos pela ASTM D6433-18.

Com base nas densidades e nos níveis de severidade dos defeitos, serão obtidos os valores deduzidos correspondentes, utilizando as curvas específicas previstas no método.

Quando aplicável, será realizado o procedimento de correção dos valores deduzidos, considerando a combinação dos defeitos identificados em uma mesma unidade amostral, obtendo-se o valor deduzido corrigido (VDC).

O Índice de Condição do Pavimento de cada unidade amostral poderá ser determinado pela Equação 2.

Equação 2 - Determinação do Índice de Condição do Pavimento

$$ICP = 100 - VDC$$

Em que:

- *ICP*: Índice de Condição do Pavimento*;*
- *VDC:* valor deduzido corrigido, determinado conforme os procedimentos da ASTM D6433-18.

O resultado do ICP varia de 0 a 100, sendo os valores mais elevados associados a melhores condições superficiais do pavimento.

A obtenção de um índice representativo de uma seção dependerá dos procedimentos normativos de agregação dos resultados das unidades amostrais inspecionadas, considerando o plano de amostragem adotado.

É importante destacar que o ICP constitui um indicador das condições superficiais do pavimento, não representando uma medida direta de sua capacidade estrutural, irregularidade longitudinal ou resistência à derrapagem.

Na presente pesquisa, os procedimentos de cálculo são apresentados exclusivamente como proposta metodológica, não sendo atribuídos valores numéricos de ICP ao trecho selecionado da Rodovia Estadual PI-141.

3.6. Limitações Metodológicas

A presente pesquisa apresenta limitações relacionadas à natureza e à abrangência das informações disponíveis para a caracterização das condições superficiais do trecho selecionado da Rodovia Estadual PI-141.

A principal limitação corresponde à ausência de levantamentos quantitativos padronizados das manifestações patológicas. Embora os registros fotográficos permitam identificar intervenções localizadas de manutenção, não fornecem informações suficientes para determinar a extensão real dos defeitos, seus níveis de severidade ou suas densidades nas unidades amostrais.

Considerando o caráter preliminar e qualitativo da pesquisa, a determinação numérica do Índice de Condição do Pavimento (ICP) não integrou os procedimentos efetivamente executados. Sua aplicação ao trecho estudado dependerá de levantamentos complementares, incluindo a delimitação das unidades amostrais, a identificação e mensuração dos defeitos e a classificação de seus níveis de severidade, conforme os critérios estabelecidos pela ASTM D6433-18.

Outra limitação está relacionada à delimitação espacial das áreas documentadas. A ausência de levantamentos geométricos detalhados impede estabelecer a representatividade dos pontos fotografados em relação à extensão total do segmento rodoviário.

Quanto às condições de drenagem, os registros disponíveis não permitem caracterizar integralmente os dispositivos existentes ou avaliar sua eficiência hidráulica. A não identificação visual de determinados elementos nas fotografias não constitui evidência

suficiente para afirmar sua inexistência ou deficiência de funcionamento.

Também não foram utilizados dados quantitativos sobre o volume de tráfego, a distribuição das cargas por eixo, o histórico de manutenção ou as características estruturais do pavimento.

Dessa forma, não é possível estabelecer relações causais conclusivas entre as intervenções observadas e os mecanismos responsáveis pela deterioração anterior do revestimento.

Embora tenham sido consideradas referências técnicas do DNIT para contextualização da conservação rodoviária, não foram calculados indicadores específicos de avaliação da manutenção, nem aplicados seus critérios de classificação à rodovia estudada.

Essas limitações restringem o alcance das conclusões às condições efetivamente documentadas, sem inviabilizar a caracterização preliminar proposta.

Portanto, os resultados devem ser interpretados como uma análise visual descritiva de áreas específicas da Rodovia PI-141, complementada por uma proposta metodológica de avaliação quantitativa futura, sem pretensão de representar integralmente a condição funcional ou estrutural do segmento estudado.

4. ESTUDO DE CASO: RODOVIA ESTADUAL PI-141

4.1. Caracterização do Trecho Estudado

O presente estudo tem como área de interesse um segmento da Rodovia Estadual PI-141, localizado no município de Brejo do Piauí,

no estado do Piauí, no contexto da ligação rodoviária com o município de Canto do Buriti. A escolha dessa rodovia está relacionada à importância da conservação dos pavimentos asfálticos para a manutenção das condições de circulação e à disponibilidade de registros fotográficos que permitem caracterizar visualmente intervenções localizadas de manutenção, especialmente remendos identificados no revestimento asfáltico.

A avaliação das condições superficiais de uma rodovia constitui uma atividade relevante para o planejamento de intervenções de manutenção e conservação, uma vez que permite reconhecer alterações no revestimento que podem comprometer progressivamente o desempenho funcional do pavimento.

No trecho considerado, a documentação disponível consiste em registros fotográficos de áreas que apresentam remendos no revestimento asfáltico. Essas imagens constituem a principal fonte de informações para a caracterização preliminar desenvolvida nesta pesquisa.

Diante da ausência de levantamentos geométricos detalhados e de medições padronizadas das manifestações patológicas, a análise será concentrada nas características visualmente identificáveis nas fotografias, sem atribuição de dimensões, níveis de severidade ou índices quantitativos de condição superficial.

Assim, o estudo de caso busca apresentar as condições documentadas no trecho selecionado e discutir sua relação com os procedimentos técnicos de avaliação e conservação de pavimentos asfálticos.

4.2. Identificação Visual dos Remendos no Pavimento Asfáltico

A análise dos registros fotográficos disponíveis permitiu identificar a presença de remendos no revestimento asfáltico do trecho estudado da Rodovia Estadual PI-141.

Os remendos correspondem a intervenções localizadas de manutenção, executadas para recuperar áreas do pavimento que apresentaram algum tipo de comprometimento. Sua presença demonstra que determinadas regiões do revestimento passaram por reparações, embora não seja possível estabelecer, exclusivamente por meio das imagens, quais manifestações patológicas motivaram sua execução.

A observação visual dessas intervenções é relevante porque permite reconhecer alterações na continuidade superficial do revestimento e identificar aspectos que podem ser considerados em avaliações posteriores.

A Figura 12 apresenta registros fotográficos das áreas com intervenções localizadas de manutenção no revestimento asfáltico da Rodovia Estadual PI-141. As imagens permitem observar remendos de diferentes configurações aparentes, bem como sua relação com a superfície do pavimento adjacente.

Figura 12. Registros fotográficos de remendos identificados no revestimento asfáltico da Rodovia Estadual PI-141.



Fonte: Acervo dos autores (2026).

A análise das imagens considerou as características visíveis das áreas reparadas, especialmente a aparência superficial do revestimento, a delimitação dos remendos e as diferenças de textura e tonalidade em relação ao pavimento adjacente.

Cabe destacar que a simples presença de remendos não permite concluir que os reparos estejam comprometidos ou que apresentem desempenho insatisfatório. Essa avaliação depende da identificação de defeitos específicos, da análise de sua severidade e, quando necessário, de investigações complementares.

Dessa maneira, os registros fotográficos permitem documentar a existência de intervenções de manutenção no trecho estudado, contribuindo para sua caracterização preliminar.

A Figura 13 complementa os registros anteriores, apresentando diferentes perspectivas das intervenções identificadas. Observa-se a presença de remendos distribuídos em áreas distintas da superfície de rolamento, com formatos e dimensões aparentes variados. As diferenças de tonalidade e textura entre as regiões reparadas e o

revestimento existente permitem reconhecer visualmente os limites de algumas intervenções, sem que isso represente, isoladamente, evidência de deficiência de execução ou de desempenho.

A apresentação desses registros contribui para documentar as intervenções identificadas no trecho, permitindo reconhecer características visíveis das áreas reparadas. Entretanto, a análise permanece restrita aos aspectos observáveis nas fotografias, não sendo possível determinar quantitativamente a extensão dos defeitos ou seus níveis de severidade sem a realização de medições padronizadas.

Figura 13. *Diferentes perspectivas dos remendos registrados no revestimento asfáltico da Rodovia Estadual PI-141.*



Fonte: Acervo dos autores (2026).

4.3. Análise das Condições Superficiais Observadas

A presença de remendos no revestimento asfáltico (Figura 13) representa um aspecto importante na análise das condições de conservação de uma rodovia, uma vez que essas intervenções estão

relacionadas à necessidade de recuperação localizada de áreas anteriormente comprometidas.

Do ponto de vista técnico, a execução de remendos pode estar associada à correção de diferentes manifestações patológicas, como panelas, desagregações e outras deteriorações localizadas. Entretanto, a identificação do defeito original exige informações sobre as condições anteriores à intervenção, não sendo possível estabelecer essa relação diretamente a partir dos registros fotográficos disponíveis.

Outro aspecto relevante corresponde à região de contato entre o remendo e o revestimento existente. Em avaliações de pavimentos, essas interfaces merecem atenção, pois eventuais descontinuidades, desníveis ou falhas de execução podem influenciar as condições de regularidade e conservação da superfície.

No presente estudo, contudo, a ausência de medições impede a determinação da magnitude de possíveis irregularidades ou a classificação dos remendos quanto aos níveis de severidade previstos na ASTM D6433-18.

A análise realizada possui, portanto, caráter qualitativo e descritivo, concentrando-se nas características efetivamente documentadas. Não foram utilizados os registros fotográficos para estimar a extensão total das áreas reparadas, determinar a frequência dos remendos ao longo da rodovia ou estabelecer o estado geral de conservação de todo o segmento.

A Figura 14 apresenta registros complementares das intervenções identificadas no trecho estudado, permitindo observar as configurações geométricas dos remendos, seus limites aparentes e

as diferenças superficiais em relação ao revestimento asfáltico adjacente.

Figura 14. *Características superficiais e configurações aparentes dos remendos identificados na Rodovia Estadual PI-141.*



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Na Figura 14, observa-se a presença de áreas reparadas com formatos predominantemente irregulares e diferentes extensões aparentes. Alguns remendos apresentam limites visualmente definidos em relação ao revestimento adjacente, enquanto outros possuem contornos menos regulares. Também são perceptíveis diferenças de tonalidade e textura superficial entre as áreas reparadas e o pavimento existente. Essas características permitem identificar a distribuição das intervenções documentadas, mas não são suficientes para determinar a qualidade dos serviços executados, a espessura das camadas aplicadas ou a existência de comprometimento estrutural.

Embora os remendos constituam manifestações relevantes para o reconhecimento das condições de manutenção, sua ocorrência isolada não permite caracterizar integralmente o desempenho funcional ou estrutural do pavimento.

Assim, as observações apresentadas devem ser compreendidas como evidências pontuais de intervenções no revestimento asfáltico, cuja interpretação contribui para a discussão sobre a necessidade de avaliações sistemáticas das condições superficiais da rodovia.

4.4. Análise Visual das Condições de Drenagem da Rodovia

A drenagem rodoviária constitui um elemento fundamental para a preservação das condições funcionais e estruturais dos pavimentos, uma vez que o adequado direcionamento das águas pluviais contribui para reduzir os efeitos da umidade sobre as camadas que compõem a estrutura do pavimento.

Conforme o Manual de Drenagem de Rodovias (BRASIL, 2006a), os sistemas de drenagem superficial são constituídos por dispositivos destinados à captação, condução e destinação das águas provenientes das precipitações. Entre esses dispositivos, destacam-se as sarjetas, os meios-fios, as valetas e as descidas d'água, que desempenham funções específicas no controle do escoamento superficial.

As sarjetas são responsáveis pela coleta e condução das águas que escoam sobre a plataforma rodoviária e áreas adjacentes, enquanto os meios-fios podem auxiliar no direcionamento desse fluxo. As descidas d'água, por sua vez, permitem conduzir as águas captadas por outros dispositivos ao longo dos taludes de corte ou aterro, contribuindo para o controle dos processos erosivos (BRASIL, 2006a).

Nos registros fotográficos apresentados na Figura 15, observam-se diferentes condições das áreas adjacentes à pista de rolamento, incluindo segmentos com acostamento não pavimentado e áreas de solo exposto próximas ao bordo do revestimento. Em alguns

enquadramentos, são perceptíveis regiões com alterações superficiais junto à lateral da pista. Entretanto, as imagens não permitem caracterizar integralmente os dispositivos de drenagem existentes nem avaliar suas condições de funcionamento.

A região de transição entre o revestimento asfáltico e as áreas laterais da plataforma rodoviária merece atenção nas avaliações de conservação, uma vez que suas características geométricas e superficiais podem influenciar o direcionamento das águas pluviais. A existência de desníveis, irregularidades ou alterações na conformação do terreno adjacente pode modificar as condições de escoamento superficial e favorecer, em determinadas situações, o acúmulo de água próximo ao bordo da pista. Entretanto, a identificação desses processos exige observações específicas das condições de declividade, continuidade superficial e funcionamento dos dispositivos de drenagem, não sendo possível confirmá-los exclusivamente a partir dos registros fotográficos disponíveis.

Essa constatação merece atenção, considerando a importância desses elementos para o direcionamento das águas pluviais e para a conservação do revestimento asfáltico. Entretanto, a ausência de identificação visual não permite afirmar que tais dispositivos sejam inexistentes ao longo da rodovia, uma vez que os registros fotográficos não contemplam necessariamente toda a extensão do trecho estudado.

Além disso, não foram realizados levantamentos hidráulicos, medições de escoamento ou inspeções específicas dos dispositivos de drenagem. Dessa forma, não é possível determinar a eficiência do sistema existente, identificar eventuais deficiências de

funcionamento ou estabelecer relações diretas entre as condições de drenagem e os remendos observados no pavimento.

Figura 15. Registros fotográficos das condições superficiais do pavimento e das áreas adjacentes à pista de rolamento.



Fonte: Acervo dos autores (2026).

Para uma caracterização mais abrangente das condições de drenagem do trecho estudado, recomenda-se que futuras inspeções contemplem a identificação e o registro dos dispositivos existentes, a verificação das condições de conservação das áreas laterais e a observação de possíveis pontos de concentração de escoamento superficial. Também poderão ser realizados levantamentos geométricos para caracterizar as declividades transversal e longitudinal da plataforma rodoviária, além de avaliações específicas dos dispositivos de captação e condução das águas pluviais. Esses procedimentos permitirão reunir informações complementares para a análise das condições de drenagem, sem pressupor a existência de deficiências no sistema atualmente implantado.

Portanto, os registros fotográficos permitem uma caracterização preliminar das condições superficiais das áreas adjacentes à pista, mas não constituem evidência suficiente para avaliar a eficiência da drenagem rodoviária. A realização de levantamentos complementares poderá contribuir para uma compreensão mais abrangente das condições de conservação do trecho estudado e subsidiar o planejamento de futuras intervenções na Rodovia Estadual PI-141.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização das Intervenções Localizadas de Manutenção Identificadas

A análise dos registros fotográficos do trecho estudado da Rodovia Estadual PI-141 permitiu documentar a presença de remendos no revestimento asfáltico, evidenciando a realização de intervenções localizadas de manutenção ao longo das áreas registradas.

A identificação dessas intervenções constitui um resultado relevante para a caracterização preliminar do pavimento, uma vez que demonstra a existência de áreas que passaram por processos de recuperação superficial. Entretanto, a presença dos remendos não permite determinar, isoladamente, os defeitos que motivaram sua execução ou as condições estruturais do pavimento.

Os registros disponíveis possibilitam uma análise descritiva das características visíveis das áreas reparadas, considerando aspectos como sua configuração, aparência superficial e regiões de contato com o revestimento existente.

Os registros fotográficos apresentados nas Figuras 12, 13 e 14 evidenciam a presença de intervenções localizadas de manutenção no revestimento asfáltico da Rodovia Estadual PI-141. Observam-se remendos com diferentes configurações geométricas aparentes, distribuídos em áreas distintas da superfície de rolamento, incluindo regiões próximas ao bordo da pista. As diferenças de tonalidade e textura entre os materiais empregados nas intervenções e o revestimento existente permitem identificar visualmente os limites de parte das áreas reparadas.

A presença dessas intervenções em diferentes áreas fotografadas demonstra a realização de reparações localizadas no revestimento asfáltico. Entretanto, os registros disponíveis não permitem estabelecer a extensão total das áreas reparadas, a frequência dos remendos ao longo do segmento rodoviário ou as condições que motivaram sua execução.

Dessa forma, os resultados obtidos devem ser interpretados como uma caracterização visual preliminar das condições superficiais documentadas, e não como uma avaliação quantitativa de toda a extensão da rodovia.

5.2. Discussão das Condições Superficiais dos Remendos

Os remendos representam intervenções executadas para recuperar áreas comprometidas do revestimento asfáltico. Sua identificação durante o reconhecimento visual da Rodovia PI-141 permite discutir a importância da manutenção localizada para a conservação das condições de circulação.

A análise das fotografias deve considerar principalmente a aparência superficial das áreas reparadas e as interfaces entre o material

utilizado no remendo e o revestimento existente. Esses elementos são relevantes porque eventuais descontinuidades ou irregularidades podem influenciar a uniformidade da superfície de rolamento.

As interfaces entre os remendos e o revestimento existente constituem pontos relevantes para a avaliação superficial, pois representam regiões de transição entre materiais ou áreas submetidas a intervenções em momentos distintos. Nas fotografias analisadas, essas interfaces são reconhecidas principalmente pelas diferenças de tonalidade, textura e configuração geométrica dos reparos. Entretanto, tais diferenças não comprovam, isoladamente, a existência de desníveis, falhas de aderência ou deficiência construtiva.

Conforme Balbo (2007), a conservação dos pavimentos deve considerar as características das manifestações superficiais e as condições de desempenho da estrutura. Nesse sentido, a presença de remendos pode ser utilizada como informação inicial para orientar inspeções posteriores, especialmente quando associada ao acompanhamento de possíveis alterações na superfície reparada.

Entretanto, a identificação de um remendo não significa necessariamente que a intervenção apresente deficiência de execução ou desempenho inadequado. Para essa avaliação, seriam necessárias informações complementares sobre os materiais empregados, as condições anteriores ao reparo, sua execução e seu comportamento durante o período de utilização.

A análise dos registros reforça a importância de inspeções sistemáticas para identificar e acompanhar manifestações

patológicas nos pavimentos asfálticos. A documentação fotográfica constitui um recurso útil para esse acompanhamento, especialmente quando associada a registros de localização, medições e informações sobre intervenções anteriores.

No presente estudo, contudo, não foram realizadas medições que permitissem determinar diferenças de nível, dimensões dos remendos ou outros parâmetros quantitativos. Assim, a discussão permanece limitada às características efetivamente observáveis nas imagens.

5.3. Discussão Sobre as Condições de Drenagem Superficial

A drenagem superficial constitui um aspecto importante para a conservação dos pavimentos rodoviários, pois permite direcionar as águas pluviais e reduzir sua permanência sobre a plataforma da rodovia.

Conforme o Manual de Drenagem de Rodovias (BRASIL, 2006a), os dispositivos de drenagem superficial, como sarjetas, meios-fios, valetas e descidas d'água, desempenham funções relacionadas à captação e condução das águas, contribuindo para a proteção da infraestrutura rodoviária.

Os registros fotográficos apresentados na Figura 15 permitem observar áreas adjacentes ao revestimento asfáltico, incluindo regiões com solo exposto e diferenças superficiais próximas ao bordo da pista. Entretanto, os enquadramentos disponíveis não permitem identificar e caracterizar de maneira sistemática os dispositivos responsáveis pela captação e condução das águas pluviais.

Essa limitação impede avaliar as condições de funcionamento da drenagem superficial no segmento estudado. A presença de solo exposto ou de alterações visíveis junto ao bordo do pavimento não constitui, isoladamente, evidência de deficiência hidráulica, sendo necessária a realização de inspeções específicas para verificar as condições de escoamento.

Além disso, os registros fotográficos não fornecem informações suficientes para avaliar a capacidade de escoamento, a continuidade dos dispositivos ou a ocorrência de problemas hidráulicos durante períodos de precipitação.

Embora a drenagem inadequada possa contribuir para processos de deterioração dos pavimentos, não foi possível estabelecer uma relação direta entre as condições de escoamento superficial e os remendos identificados na rodovia.

Portanto, os resultados indicam a necessidade de levantamentos específicos de drenagem em futuras investigações, de modo a verificar a existência, a localização e as condições de funcionamento dos dispositivos presentes no trecho.

5.4. Possibilidades de Aplicação do Índice de Condição do Pavimento (ICP)

A documentação das intervenções de manutenção identificadas na Rodovia PI-141 evidencia a importância da utilização de procedimentos padronizados para a avaliação das condições superficiais do pavimento.

Nesse contexto, o Índice de Condição do Pavimento (ICP), correspondente ao *Pavement Condition Index* (PCI), constitui uma

ferramenta que permite expressar numericamente as condições superficiais de unidades amostrais, considerando os tipos de defeitos, seus níveis de severidade e suas quantidades, conforme a ASTM D6433-18.

A proposta de organização das unidades amostrais apresentada na metodologia demonstra uma possibilidade de aplicação futura desse procedimento ao trecho estudado.

Para sua execução, será necessária a delimitação efetiva do segmento, seguida da divisão em seções e unidades amostrais, da identificação sistemática dos defeitos e da realização das medições previstas no método.

Com essas informações, será possível determinar os valores deduzidos e os valores deduzidos corrigidos, necessários ao cálculo do ICP, permitindo classificar quantitativamente as condições superficiais das unidades avaliadas.

No presente estudo, entretanto, a ausência desses levantamentos impossibilitou a determinação dos valores de ICP. Assim, não foram atribuídas pontuações ou classificações quantitativas ao pavimento da rodovia.

A aplicação do ICP permitiria transformar as observações preliminares em informações quantitativas padronizadas, possibilitando comparar as condições superficiais entre diferentes unidades amostrais. Entretanto, essa avaliação dependeria da identificação de todos os tipos de defeitos previstos no procedimento normativo, não se restringindo aos remendos documentados nesta pesquisa. Conforme a ASTM D6433-18, a determinação do índice exige o registro das manifestações

patológicas, de seus níveis de severidade e de suas respectivas quantidades, seguido dos procedimentos de cálculo dos valores deduzidos e corrigidos (ASTM International, 2018).

A presença de remendos com diferentes configurações aparentes nos registros fotográficos evidencia a importância de uma inspeção padronizada que permita identificar e mensurar as manifestações existentes em áreas previamente delimitadas. Nesse contexto, a proposta metodológica apresentada constitui um encaminhamento para a continuidade da investigação, possibilitando que futuras avaliações ultrapassem a caracterização visual preliminar e produzam informações quantitativas sobre as condições superficiais do pavimento. Ressalta-se, contudo, que os registros obtidos nesta pesquisa não permitem antecipar os valores do ICP nem estabelecer a classificação das condições das unidades amostrais que venham a ser inspecionadas.

A aplicação futura do método poderá complementar os registros fotográficos existentes e fornecer informações mais detalhadas para subsidiar o planejamento de intervenções de manutenção e conservação.

5.5. Síntese dos Resultados e Limitações da Pesquisa

A análise dos registros fotográficos da Rodovia Estadual PI-141 permitiu identificar intervenções localizadas de manutenção no revestimento asfáltico, caracterizadas principalmente pela presença de remendos com diferentes configurações geométricas aparentes, tonalidades e texturas superficiais. Essas características demonstram a existência de áreas submetidas a reparações, constituindo

evidências relevantes para a caracterização preliminar das condições documentadas.

As diferenças visuais entre os remendos e o revestimento adjacente possibilitaram reconhecer os limites de algumas intervenções, sem que fosse possível determinar sua qualidade executiva, seu desempenho ao longo do tempo ou as manifestações patológicas que motivaram sua realização.

Quanto às condições de drenagem superficial, os registros disponíveis permitiram observar características das áreas laterais da pista, mas não forneceram informações suficientes para avaliar a existência, a continuidade e o funcionamento dos dispositivos de drenagem ao longo do segmento estudado.

A principal limitação da pesquisa corresponde à ausência de levantamentos quantitativos padronizados, especialmente medições das manifestações patológicas e classificação de seus níveis de severidade. Essa condição impossibilitou a determinação numérica do Índice de Condição do Pavimento (ICP), conforme os procedimentos previstos na ASTM D6433-18.

Apesar dessas limitações, a pesquisa possibilitou organizar evidências visuais das intervenções identificadas e estabelecer uma proposta metodológica para futuras avaliações quantitativas. A aplicação posterior do ICP poderá contribuir para a obtenção de informações padronizadas sobre as condições superficiais do pavimento e subsidiar o planejamento de ações de conservação e manutenção rodoviária.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma caracterização preliminar das condições superficiais de áreas documentadas de um trecho da Rodovia Estadual PI-141, localizado no município de Brejo do Piauí – PI, com ênfase na identificação visual de intervenções localizadas de manutenção e na elaboração de uma proposta metodológica para futura aplicação do Índice de Condição do Pavimento (ICP), conforme os procedimentos estabelecidos pela ASTM D6433-18.

A análise dos registros fotográficos permitiu identificar a presença de remendos no revestimento asfáltico, distribuídos em diferentes áreas da superfície de rolamento e caracterizados por variações aparentes de formato, tonalidade e textura. Essas características possibilitaram reconhecer os limites de determinadas intervenções e sua relação com o revestimento adjacente, contribuindo para a documentação das condições superficiais observadas no período do levantamento.

Verificou-se, entretanto, que a identificação visual dos remendos não permite determinar as manifestações patológicas que motivaram sua execução, tampouco estabelecer suas causas, a qualidade dos serviços realizados ou o desempenho das intervenções ao longo do tempo. Dessa forma, as observações foram interpretadas como evidências de manutenção localizada, sem atribuição de diagnósticos estruturais ou avaliações quantitativas não fundamentadas nos dados disponíveis.

Em relação à drenagem superficial, os registros fotográficos possibilitaram observar características das áreas adjacentes à pista, incluindo regiões com solo exposto e diferenças superficiais próximas ao bordo do pavimento. Contudo, os enquadramentos

disponíveis não permitiram caracterizar adequadamente a existência, a continuidade e as condições de funcionamento dos dispositivos de drenagem, impossibilitando estabelecer relações diretas entre o escoamento superficial e as intervenções identificadas.

Quanto à proposta metodológica, foram sistematizadas as principais etapas necessárias à futura aplicação do ICP, incluindo a delimitação do segmento, a organização em seções e unidades amostrais, a identificação e mensuração das manifestações patológicas e os procedimentos para determinação do índice. O fluxograma elaborado e os registros fotográficos utilizados para ilustrar a possível organização do trecho em seções contribuíram para representar a sequência das atividades e a proposta de organização espacial das futuras inspeções. Ressalta-se que essa representação não corresponde à delimitação formal de seções ou unidades amostrais segundo os procedimentos da ASTM D6433-18.

A principal limitação da pesquisa esteve relacionada à ausência de levantamentos quantitativos padronizados das manifestações patológicas e de informações geométricas suficientes para a delimitação das unidades amostrais. Considerando o caráter preliminar e qualitativo do estudo, a determinação numérica do ICP não integrou os procedimentos efetivamente executados, uma vez que dependeria da identificação, mensuração e classificação dos defeitos segundo os critérios da ASTM D6433-18. Dessa forma, os resultados restringem-se às áreas documentadas e não constituem um diagnóstico geral das condições superficiais da Rodovia Estadual PI-141.

Apesar dessas limitações, a pesquisa alcançou seu objetivo ao documentar intervenções localizadas de manutenção e organizar uma proposta técnica para avaliações posteriores. Os registros fotográficos constituem uma referência visual das condições observadas na data do levantamento, enquanto os procedimentos metodológicos apresentados poderão orientar a obtenção de informações quantitativas em futuras inspeções.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de levantamentos de campo com delimitação georreferenciada do segmento, definição das unidades amostrais, identificação e quantificação dos defeitos e determinação dos respectivos valores de ICP. Recomenda-se, ainda, a avaliação dos dispositivos de drenagem superficial, o levantamento do histórico de manutenção e a caracterização do tráfego, de modo a ampliar a compreensão das condições de conservação do pavimento.

Conclui-se que a pesquisa contribuiu para a documentação das intervenções localizadas de manutenção identificadas na Rodovia Estadual PI-141 e para a sistematização de procedimentos destinados à futura avaliação quantitativa de suas condições superficiais. A continuidade dos levantamentos poderá ampliar o conhecimento técnico sobre o trecho estudado e fornecer subsídios ao planejamento de ações de conservação e manutenção rodoviária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D6433-18: Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys.** West Conshohocken, PA: ASTM International, 2018. DOI: https://doi.org/10.1520/D6433-18.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** Rio de Janeiro: Petrobras: ABEDA, 2010.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 005/2003-TER: defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos: terminologia.** Rio de Janeiro: IPR, 2003a.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 006/2003-PRO: avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos: procedimento.** Rio de Janeiro: IPR, 2003b.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 009/2003-PRO: avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos: procedimento.** Rio de Janeiro: IPR, 2003c.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT 062/2004-PRO: pavimento rígido: avaliação objetiva: procedimento.** Rio de Janeiro: IPR, 2004.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Índice da condição da superfície – ICS.** Brasília, DF: DNIT, [s. d.]. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/planejamento/evolucao-da-malha-rodoviaria/ndicedaCondiodaSuperfcie.pdf. Acesso em: 21 nov. 2026.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de drenagem de rodovias.** 2. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006a. (Publicação IPR 724).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de gerência de pavimentos.** Rio de Janeiro: IPR, 2011. (Publicação IPR 745).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos.** 2. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006b. (Publicação IPR 720).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Resolução nº 6, de 15 de outubro de 2025.** Dispõe sobre a utilização do Índice de Condição da Manutenção das rodovias pavimentadas e não pavimentadas sob jurisdição do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Brasília, DF: DNIT, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/central-de-conteudos/atos-normativos/tipo/resolucoes/resolucao-no-6-2025. Acesso em: 18 nov. 2026.

HUANG, Yang H. **Pavement analysis and design.** 2. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2004.

MEDINA, Jacques de; MOTTA, Laura Maria Goretti da. **Mecânica dos pavimentos.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2015.

---

[1] Discente do Curso de Engenharia Civil Centro Universitário Santo Agostinho.

[2] Discente do Curso de Engenharia Civil Centro Universitário Santo Agostinho.

[1] Orientador. Professor do Curso de Engenharia Civil.

[2] Orientador. Professor do Curso de Engenharia Civil.