

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/667

AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTUDO DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DOS PAVIMENTOS NOS TRECHOS RODOVIARIOS DA BA-262

Eder de Assis Moraes
Engenheiro Civil, UESC, Ilhéus, Brasil, eamoraes.egc@uesc.br

Cleverson Alves de Lima
Professor Doutor, UESC, Ilhéus, Brasil, clalima@uesc.br

Niel Nascimento Teixeira
Professor Doutor, UESC, Ilhéus, Brasil, nnteixeira@uesc.br

RESUMO: O dimensionamento de pavimentos asfálticos é um processo essencial na garantia da durabilidade, segurança e eficiência das estradas. Trata-se de um trabalho minucioso que considera fatores como tráfego, clima, materiais utilizados e padrões construtivos. Busca-se com isto determinar as espessuras adequadas do pavimento, que suporte as cargas aplicadas e resistam às condicionantes ambientais, além de otimizar os recursos disponíveis, reduzindo custos de construção e manutenção ao longo da vida útil da via. Considera-se então que o projeto e manutenção adequadamente proporcionam uma condução segura e econômica, desde que considerem a previsão de tráfego futuro, com boa capacidade de atendimento às demandas crescentes de mobilidade, principalmente após a implantação de novos polos geradores de tráfego. Este trabalho visa analisar a gerência de pavimentos da BA-262 aplicando os métodos AASHTO/USACE e comparando-os com a projeção estipulada por período quinquenal e anual. Foi identificado um padrão de crescimento de tráfego com consequente revisão nas espessuras do pavimento ao longo do tempo, no qual está em discordância com a recuperação feita em 2023.

PALAVRAS-CHAVE: Dimensionamento de pavimentos asfálticos, Engenharia de Transportes, Otimização de recursos, Gerência de pavimentos.

ABSTRACT: The asphalt pavements design is an essential process in ensuring the durability, safety and efficiency roads. This is detailed work that considers factors such as traffic, climate, materials used and construction standards. This seeks to determine the appropriate pavement thickness, which supports the applied loads and resists environmental conditions, in addition to optimizing available resources, reducing construction and maintenance costs throughout the road useful life. It is then considered that adequate design and maintenance provide safe and economical driving, as long as they consider future traffic forecasts, with good capacity to meet growing mobility demands, especially after the implementation of new traffic-generating hubs. This work aims to analyze the BA-262 pavement management by applying the AASHTO/USACE methods and comparing them with the projection stipulated for five-year and annual periods. A traffic growth pattern was identified with a consequent revision in pavement thicknesses over time, which is in disagreement with the recovery made in 2023.

KEYWORDS: Asphalt pavements design, Transport Engineering, Resource optimization, Pavement management.

1. INTRODUÇÃO

O pavimento flexível é uma camada de revestimento, obtida a partir de materiais betuminosos ou asfálticos, que sobrepõe e transfere as tensões do tráfego para as camadas de base e sub-base, até chegar ao subleito natural. Ou seja, as cargas dos veículos são transmitidas através das camadas de materiais compressíveis que compõem a estrutura do pavimento, por isso é classificado como “flexível”. Estes

pavimentos são projetados para resistir às cargas do tráfego e as condições climáticas, garantindo uma superfície de rolamento segura e suave para veículos de todos os tipos (BARROS E MARIANI, 2020).

Como o sistema de transporte rodoviário possui grande relevância no Brasil, sendo o principal meio de locomoção e sendo responsável por mais de 60% de todas as movimentações de cargas e passageiros no país (CNT, 2019), os pavimentos asfálticos ganham destaque por sua presença marcante na infraestrutura de transportes. Com isto, a construção e manutenção são elementos essenciais para a economia do país, considerando a conectividade, mobilidade e segurança dos usuários.

Dada a sua importância, processos de gestão dos pavimentos devem ser implementados para otimizar o uso de recursos no orçamento público ou privado no que tange as rodovias. Principalmente devido ao não atendimento dos prazos e requisitos para avaliação e manutenção que acelera o processo de degradação das camadas de revestimento rodoviário, impacta na camada de suporte e torna os custos de recuperação elevados. Tal afirmação corrobora com o mencionado por Fontenelle (2014) quanto a ausência de manutenção periódica, resulta em problemas estruturais que afetam a integridade da rede rodoviária, sendo essencial desde o dimensionamento que pode prever períodos de uso e manutenção de meia vida dentro de um centro de custo controlado. Isto indica a necessidade de se observar a durabilidade e economicidade na tomada de decisão de manter, recuperar ou construir uma via.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho em questão se baseou na rodovia estadual BA-262, localizada entre Ilhéus e Uruçuca, e que receberá nos próximos anos diversos empreendimentos de grande porte em seu entorno, como o Complexo Intermodal Porto Sul e suas atividades adjacentes (Figura 01).

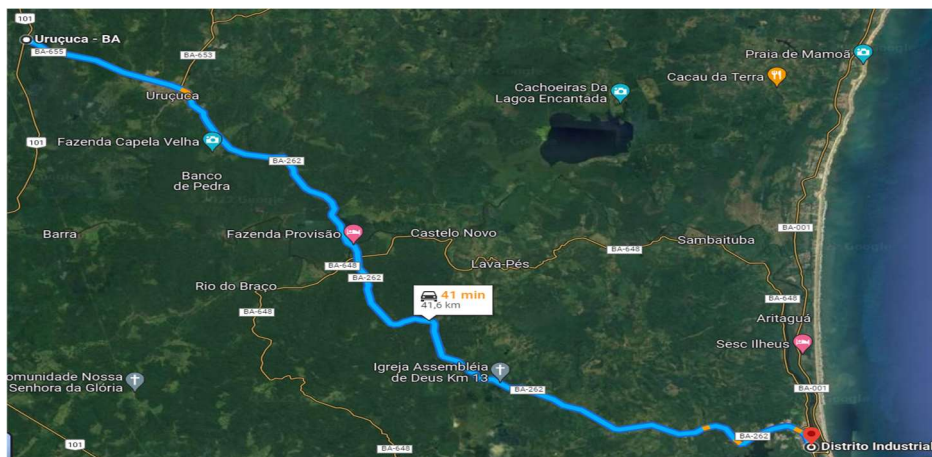


Figura 01: Trecho estudado da Rodovia BA-262.

Para este estudo foi selecionado um trecho com 41,6 Km de extensão, entre o acesso da BR-101 até a cidade de Ilhéus, por pertencer a zona de influência direta do Porto Sul. Foi utilizada a pesquisa de tráfego feito pelo SIT (2018) que discretizou por tipo de veículo, destacado na Tabela 01 os veículos comerciais.

Tabela 01 – Dados do tráfego na rodovia estudada. Fonte: SIT (2018)

Ano	Dados do tráfego na rodovia													VDM
	Ônibus		Veículos de carga											
	2C	3C	2C	3C	2S1	4C	2S2	2S3	3S2	3S3	3C3	3Q4	3D4	
2018	30	3	324	70	6	13	70	9	3	51	3	19	148	749
%	4,01	0,40	43,26	9,35	0,80	1,74	9,35	1,20	0,40	6,81	0,40	2,54	19,76	100,00

Para projetar o tráfego gerado pós implantação do empreendimento, foi correlacionado a projeção econômico-populacional de Ilhéus com o crescimento de tráfego de veículos comerciais segundo os modelos utilizados pelo DNIT (2006), tais como o AASHTO e USACE. Para período de análise, foi adotado intervalos de 01 ano e 05 anos para analisar divergências no modelo de dimensionamento da espessura dos pavimentos, já que no modelo tradicional de 10 anos com taxa de crescimento de tráfego constante ocorre a internalização

de incertezas quanto ao desenvolvimento regional, sobretudo em regiões submetidas continuamente a incentivos no seu crescimento.

Os métodos citados tem como objetivo encontrar o número “N” de passadas do eixo tandem-padrão, onde se consideram a composição do tráfego referentes a cada categoria de veículo, as cargas aplicadas e sua distribuição por eixo nos veículos. Os valores são projetados e normalizados e acumulados em intervalos definidos, onde podem ser observadas diferenças no cálculo das Equivalência de Carga (DNIT, 2006), que influenciam diretamente no cálculo do número “N” e consequentemente na espessura do pavimento e sua durabilidade durante o ciclo de vida projetado.

Foram utilizadas as taxas de crescimento econômico-populacional indicados por INEMA (2011) para Ilhéus para os 30 anos subsequentes com a implantação dos novos empreendimentos. No entanto, faz-se uma ressalva quanto aos dados oficiais, por não explicitarem os modelos utilizados para compor tais projeções o que confere um grau de incerteza a respeito do desenvolvimento econômico. Dada a incerteza no padrão da projeção de crescimento, discute-se o perfil de crescimento que será adotado, se o linear, aritmético ou o geométrico, segundo metodologia DNIT (2006), correlacionando o perfil ao modelo de crescimento econômico-populacional com intuito de verificar qual modelo melhor corresponde com os dados oficiais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Teixeira et al. (2022) apresenta um diagnóstico do pavimento da rodovia BA-262 indicando uma qualidade geral baixa, e demonstrando que dos 42 km, apenas 5% foi classificado como ótimo e 72% foi conceituado como ruim ou péssimo. Araújo (2022) complementa as informações quanto a precariedade apresentando os dados do Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) médio de 121,27 e um Índice de Estado da Superfície (IES) de 10, índices aquém dos recomendados pela norma DNER 008/2003-PRO, refletindo em patologias de todos os tipos em todos os trechos da via analisada. Como contraponto, é importante registrar que a BA-262 recebeu em 2023 uma restauração do trecho analisado, com aplicação de camada asfáltica CBUQ de 5 cm com alargamento da pista de rolamento (Figura 2) no trecho urbano da via onde se encontra o distrito industrial.



Figura 2. Restauração realizada em 2023 e espessura adotada

Para o crescimento de tráfego, foram utilizados os dados econômicos dados por IBGE (2023) entre 2010 e 2023 e a taxa de crescimento econômico projetada após a implantação dos empreendimentos indicada por INEMA (2011), onde foi possível estimar a curva de desenvolvimento de Ilhéus até o ano de 2045. O perfil de crescimento mais adequado para ambos os modelos foi o geométrico, bem como pode-se notar o gráfico de projeção da população, como pode-se ver na Figura 3.

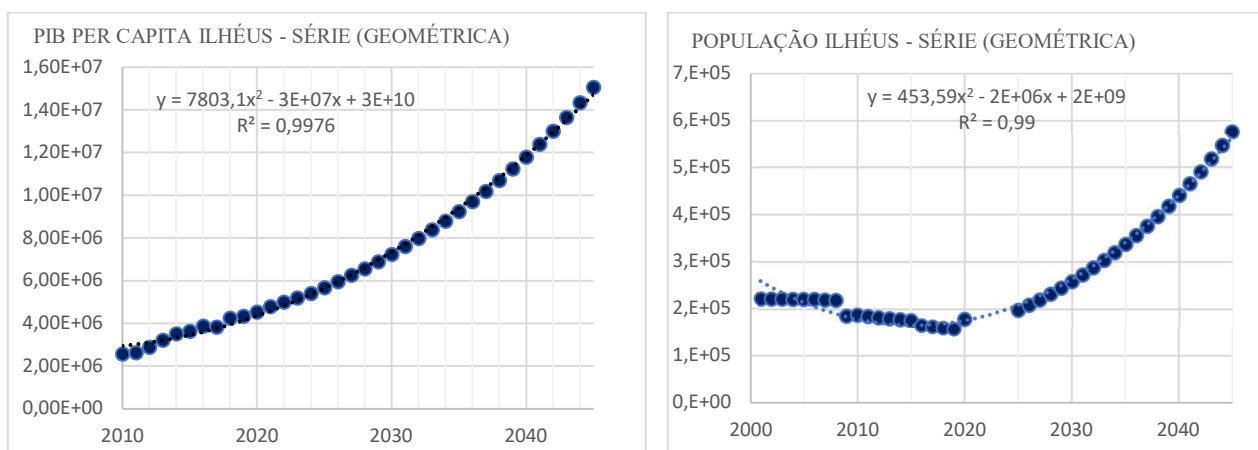


Figura 3. (a) Projeção do PIB per capita de Ilhéus (b) Projeção da população de Ilhéus

Tal impulso se dá pela implantação do Porto Sul e seu complexo industrial apoiado na economia mineral, que prometem gerar grandes transformações e oportunidades, reconfigurando completamente o relacionamento que estes têm com a cidade em que foram implantados. Moraes (2008) destaca como fatores influenciadores de desenvolvimento: O aumento da atividade econômica e industrial, gerando novo polo de tráfego, a migração de população atrapadas pelo novo empreendimento, aumento da arrecadação municipal, aumento do comércio local, o desenvolvimento urbano e da construção civil. Tal cenário pode ser visto em outras cidades com perfil minerário como Carajás (PA) e Vitória (ES), que, segundo Vale (2017), tiveram um crescimento acentuado nas questões destacadas por Moraes (2008). De forma similar, o empreendimento da BAMIN tem projeções de crescimento na produção e beneficiamento de matéria-prima quando os embarques começarem pelo Porto Sul (BRASIL MINERAL, 2022). Nota-se uma correspondência entre a projeção econômica e o crescimento populacional, ambos com comportamento geométrico, o que reforçando o perfil de crescimento de tráfego no modelo geométrico uma vez que este se relaciona com as variáveis de atividade econômica e crescimento populacional.

Com isto, a projeção de tráfego foi modelada e seus resultados apresentados na Tabela 02, com horizonte de análise entre 2025 e 2045 no cenário de projeção geométrica.

Tabela 02 – Número N para os métodos USACE e AASHTO (10⁶) na projeção geométrica

Métodos	Projeção geométrica			
	Usace		Aashto	
Ano	ANUAL	QUINQUENAL	ANUAL	QUINQUENAL
2025	4,53	4,13	1,88	1,60
2030	5,92	24,31	2,45	9,43
2035	7,74	59,17	2,46	22,96
2040	10,11	108,65	2,47	42,16
2045	13,22	178,36	2,48	69,21

Considerando o perfil de projeção de crescimento econômico-populacional, pode-se inferir que as projeções linear e aritmética não condizem com a realidade observada na Figura 3 (a) e (b) e com INEMA (2011), que será refletido na obtenção do número “N”. Esta falta de correlação sugere que as projeções não captem o verdadeiro perfil de tráfego futuro após a implantação dos novos empreendimentos. Ou seja, a escolha do modelo de projeção deve estar alinhada com as expectativas teóricas e as projeções da realidade futura. Com isto, a projeção geométrica se destaca como mais coerente, por representar uma evolução gradual do Número “N” compatível com o desenvolvimento local, se aproximando em uma abordagem mais realista

e refletindo a previsão de crescimento que ocorrerá na região ao longo do tempo. Essa consistência com as tendências socioeconômicas delineadas fortalece a confiança na projeção geométrica como um modelo mais apropriado para prever o comportamento futuro do Número “N”.

Com os valores de “N” calculados, foi possível obter as espessuras do revestimento betuminoso para o pavimento em função do tráfego indicadas para cada cenário segundo o método de cálculo descrito no Manual de Pavimentação do DNIT (2006), cujos resultados são apresentados na Tabela 03. Nota-se que a espessura varia de acordo com a forma de cálculo dos danos acumulados, ou seja, o intervalo de 5 anos de projeção indica uma necessidade de espessuras maiores do que no acumulado ano a ano. Isto indica que nos dimensionamentos tradicionais pode haver um erro acumulado já que se utiliza períodos decenais que pode mascarar erros ou uma mudança no perfil de desenvolvimento. Os dados sugerem que o padrão de crescimento e acúmulo com análise anual captam melhor as variações de tráfego e com isso a necessidade de espessuras maiores para o período de interesse, no caso entre 2025 e 2045.

Tabela 03. Espessura do revestimento betuminoso para os métodos USACE e AASHTO (cm)

Métodos	Projeção geométrica				
	Ano	USACE		AASHTO	
		ANUAL	QUINQUENAL	ANUAL	QUINQUENAL
2025		5	5	5	5
2030		7,5	10	5	7,5
2035		7,5	12,5	5	10
2040		10	12,5	5	10
2045		10	12,5	5	12,5

A Tabela 03 mostra ainda que pelo modelo USACE, houve uma diferença de espessura de 2,50 cm, enquanto que na AASHTO uma diferença de 7,50 cm de espessura. Esta diferença na fase de construção ou manutenção implicam em custos adicionais que podem tornar uma implantação inviável. Considerando a análise com intervalo quinquenal, constata-se também que as espessuras são de 12,50 cm, que mostra que a recuperação asfáltica realizada em 2023 esta aquém das necessidades rodoviárias após a implantação do empreendimento portuário, indicando a necessidade de novo reforço do pavimento para cumprir um período adequado de projeto. Os resultados constataam ainda a robustez desses métodos em prever um crescimento gradual na espessura do pavimento em consonância com o crescimento de tráfego. Esses resultados oferecem uma informação importante para o planejamento da via, ao antecipar de maneira as necessidades de aumento na espessura do pavimento e mantendo as condições de qualidade do pavimento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação cuidadosa dos resultados, baseados na projeção geométrica, oferece um conteúdo substancial no desenvolvimento do planejamento de tráfego de e apartir de Ilhéus e dos novos empreendimentos. Concedendo ao órgão tomador de decisão, uma compreensão das tendências de uso da BA-252, especialmente no que diz respeito à espessura do pavimento, não apenas assegurando a conformidade regulatória, mas também atendendo de maneira proativa às demandas da rodovia.

Com tais informações pode-se planejar a manutenção e adaptação da via, garantindo que estejam alinhadas não apenas com as condições atuais, mas também com as exigências previstas para o futuro. Essa abordagem prospectiva é crucial para criar ambientes urbanos resilientes e sustentáveis, capaz de suportar o aumento populacional e as demandas decorrentes do desenvolvimento econômico. É importante ressaltar que o mal dimensionamento de um pavimento causa danos econômicos podendo implicar em aumento nos custos operacionais de veículos, congestionamentos prolongados, desvalorização de propriedades e gastos

governamentais em reparos emergenciais, comprometendo a eficiência, competitividade e desenvolvimento socioeconômico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, Gileno Muniz de (2023); Avaliação da qualidade do pavimento em trechos das rodovias BA - 262 e BA - 648 através dos métodos de Levantamento Visual Contínuo e Avaliação Subjetiva. Disponível em: <http://www.uesc.br/cursos/graduacao/bacharelado/eng_civil/2023/listas-tcc-ecv-2022-2.pdf>.
- BARROS, M.; MARIANI, B. (2020) Análises de Defeitos Superficiais em pavimentos flexíveis da cidade de Salvador - BA. Congresso Brasileiro de Patologia das Construções, Fortaleza, Ceará.
- CNT. (2019). Confederação Nacional dos Transportes. Pesquisa CNT de Rodovias 2019: Relatório Gerencial. Brasília: CNT.
- DNIT. Manual de pavimentação (2006). Rio de Janeiro Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/publicacoes>>.
- Fontenelle, T. (2014). Qualidade das estradas no Brasil: uma pesquisa da Confederação Nacional de Transportes. SINICESP.
- Google. 2022. BA-262. [s.l.]: Google Maps. <https://www.google.com.br/maps/dir/-14.750876,-39.0673074/-14.5655291,-39.3345348/@-14.7534803,39.0613612,14.08z/data=!4m2!4m1!3e>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2024). Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv97868.pdf>> Acesso em: 21 de fevereiro de 2024.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2024). Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, Estimativas de População. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/estimapop/referencias>> Acesso em: 21 de fevereiro de 2024.
- Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos- INEMA (2011). Relatório de Avaliação Ambiental Estratégica do Programa Intermodal e Logístico para o Porto Sul.
- MORAES, Carlos Antonio Robert. (2008) Contribuição para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro. São Paulo: Annablume, p. 232
- SEINFRA (2022). Superintendência de Infraestrutura de Transportes da Bahia – Governo Do Estado. Relatório do Tráfego BA - 262.
- SEINFRA (2020). Superintendência de Infraestrutura de Transportes da Bahia – Governo Do Estado. SRE – Relatório do Sistema Rodoviário Estadual.
- Teixeira, N. N., De Araújo, G. M., De Lima, C. A., & Moraes, E. De A. (2023). AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PAVIMENTO EM TRECHOS DAS RODOVIAS BA-262 E BA-648 ATRAVÉS DOS MÉTODOS DE LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO E AVALIAÇÃO SUBJETIVA. Revista Contemporânea, 3(5), 4481–4506.
- Vale AS. (2017) Formulário 20-F. Relatório Anual de acordo com a Seção 13 ou 15 (D) do Securities Exchange Act de 1934. Washington, Comissão de Valores Mobiliários dos Estados Unidos.