



EFEITOS AMBIENTAIS DA FALTA DE CONTROLE TECNOLÓGICO NA EXECUÇÃO DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

Felipe Costa Dias

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientadores: Marcelino Aurélio Vieira da Silva
Sandra Oda

Rio de Janeiro
Maio de 2022

EFEITOS AMBIENTAIS DA FALTA DE CONTROLE TECNOLÓGICO NA
EXECUÇÃO DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

Felipe Costa Dias

Maio/2022

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinado por:

Prof. DSc. Marcelino Aurélio Vieira da Silva – PET/COPPE/UFRJ

Prof. DSc. Sandra Oda – DET/POLI/UFRJ

Prof. DSc. Oscar Aurelio Mendoza Reales - PEC/COPPE/UFRJ

Prof. DSc. José Leomar Fernandes Junior - STT/EESC/USP

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
MAIO DE 2022

Dias, Felipe Costa

Efeitos ambientais da falta de controle tecnológico na execução de revestimentos asfálticos/Felipe Costa Dias. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2022.

XI, 93 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Marcelino Aurélio Vieira da Silva e Sandra Oda

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Engenharia de Transportes, 2021.

Referências Bibliográficas: p. 78-83

1. Introdução 2. Análise de ciclo de vida. 3. Misturas asfálticas usinadas I. Silva, Marcelino Aurélio Vieira *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por iluminar o meu caminho em todos os momentos.

Ao meu orientador Marcelino Aurélio, por todo o conhecimento e oportunidades oferecidas ao longo dos últimos anos.

À minha orientadora, e amiga, Sandra Oda, que sempre compartilha sua sabedoria e paciência com os “alunos-filhos”.

Aos meus pais, pela compreensão e confiança diante das minhas decisões e incertezas.

Aos meus avós, que são as maiores fontes de carinho, acolhimento e segurança que uma pessoa pode ter.

À Mariana, minha namorada e companheira, por dividir todos os momentos, dúvidas e planos (e que não foram poucos).

Aos amigos que fiz no PET e tornaram a rotina de pesquisa mais fácil: Bruno, Camilla e Bia.

Aos amigos que, perto ou longe, sempre posso contar: Paola, Rafael, Tayse, Cris, Mathias, Karoline, Gabriela, Vitor, Shê, Larissa e Bruna.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

EFEITOS AMBIENTAIS DA FALTA DE CONTROLE TECNOLÓGICO NA EXECUÇÃO DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

Felipe Costa Dias

Maio/2022

Orientador: Marcelino Aurélio Vieira da Silva e Sandra Oda

Programa: Engenharia de Transportes

As atividades realizadas pela sociedade produzem impactos ambientais significativos, considerando principalmente a extração de materiais, emissões de gases poluentes e poluição de corpos d'água. Em alguns países, o setor de transportes é um dos principais responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa (GEE). Parte dos impactos provocados se deve pelo consumo de materiais não renováveis na construção da infraestrutura de transporte. Dessa forma, os impactos ambientais podem ser mitigados pelo emprego correto de materiais e técnicas construtivas. O objetivo do estudo é analisar os impactos provocados pela falta de controle tecnológico na execução de revestimentos asfálticos considerando as etapas de exploração de materiais, usinagem, construção e manutenção. O dimensionamento e a estimativa da vida útil do pavimento foram realizados utilizando o software MeDiNa. A Análise do Ciclo de Vida considerou os materiais e espessuras da estrutura. Com o intuito de aliar conceitos da engenharia de pavimentação com as análises ambientais, o estudo abordou uma nova métrica para análise dos cenários, estabelecendo a razão entre indicadores ambientais e vida útil. Como resultado, foi verificado que as misturas compactadas com temperatura mais baixa provocam maior prejuízo ambiental ao longo do ciclo de vida, chegando a um aumento das razões $\text{CO}_2 \text{ eq/VU}$ e Energia/VU de 88,0% e 80,6%, respectivamente.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

ENVIRONMENTAL EFFECTS OF THE LACK OF TECHNOLOGICAL CONTROL IN THE CONSTRUCTION OF ASPHALT COATINGS

Felipe Costa Dias

May/2022

Advisor: Marcelino Aurélio Vieira da Silva and Sandra Oda

Program: Transportation Engineering

The activities carried out by society produce significant environmental impacts, especially considering the extraction of materials, emissions of polluting gases and pollution of bodies of water. In some countries, the transport sector is one of the main responsible for the emission of greenhouse gases (GHG). Part of the impacts caused is due to the consumption of non-renewable materials in the construction of transport infrastructure. In this way, environmental impacts can be mitigated by the correct use of materials and construction techniques. The objective of the study is to analyze the impacts caused by the lack of technological control in the execution of asphalt coatings, considering the stages of material exploration, production, construction and maintenance. The design and estimation of the useful life of the pavement were carried out using the MeDiNa software. The Life Cycle Analysis considered the materials and thicknesses of the structure. In order to combine pavement engineering concepts with environmental analysis, the study addressed a new metric for scenario analysis, establishing the ratio between environmental indicators and useful life. As a result, it was verified that the mixtures compacted with lower temperature cause greater environmental damage throughout the life cycle, reaching an increase in the CO₂ eq/VU and Energy/VU ratios of 88,0% and 80,6%, respectively.

Sumário

<u>1</u>	<u>Introdução</u>	<u>1</u>
1.1	Justificativa	3
1.2	Objetivos da pesquisa	5
1.3	Roteiro Metodológico	7
<u>2</u>	<u>Pavimentos Flexíveis</u>	<u>8</u>
2.1	Misturas asfálticas usinadas	10
2.2	Influência da temperatura e da energia de compactação	11
2.3	Controle tecnológico da execução do revestimento asfáltico	14
2.3.1	Ensaio de ligantes asfálticos	15
2.3.2	Ensaio de agregados	17
2.3.3	Ensaio de misturas asfálticas	19
2.3.4	Periodicidade de realização de ensaios	21
<u>3</u>	<u>Análise de Ciclo de Vida</u>	<u>23</u>
3.1	Etapas de estudo	24
3.2	Indicadores utilizados	28
<u>4</u>	<u>Referencial Teórico</u>	<u>34</u>
4.2	Principais Periódicos	38
4.3	Evolução do número de artigos publicados ao longo dos anos	39
4.4	Principais palavras-chave relacionadas ao tema	40
<u>5</u>	<u>Materiais e métodos</u>	<u>41</u>
5.1	Dimensionamento	41
5.1.1	Software MeDiNa	41
5.2	Definição de cenários	42
5.3	Cálculo de emissões	45
<u>6</u>	<u>Estudo de caso</u>	<u>48</u>
6.1	Coleta de dados	48
6.2	Cenários de análise	49
<u>7</u>	<u>Discussão e resultados</u>	<u>65</u>
<u>8</u>	<u>Conclusão</u>	<u>74</u>

<u>Referências</u>	<u>76</u>
--------------------	-----------

<u>Anexos</u>	<u>82</u>
---------------	-----------

Lista de Figuras

Figura 1: Resumo gráfico do processo de Análise de Ciclo de Vida	3
Figura 2: Estrutura básica de um ACV	23
Figura 3: Fluxograma do processo de pesquisa de artigos	35
Figura 4: Número de publicações dos autores com maior número de artigos	36
Figura 5: Número de publicações por ano	39
Figura 6: Fluxograma do procedimento metodológico	44
Figura 7: Estrutura do pavimento	53
Figura 8: Eficiência dos cenários do estudo de caso (CO ₂ eq) - construção	68
Figura 9: Eficiência dos cenários do estudo de caso (Energia) - construção	69
Figura 10: Eficiência dos cenários do estudo de caso (CO ₂ eq) – manutenção	72
Figura 11: Eficiência dos cenários do estudo de caso (Energia) – manutenção	73

Lista de Tabelas

Tabela 1: Resumo dos ensaios de controle tecnológico	14
Tabela 2: Periodicidade de realização de ensaios	21
Tabela 3: Fases utilizadas em pesquisas de Análise de Ciclo de Vida	26
Tabela 4: Indicadores utilizados em pesquisas de Análise de Ciclo de Vida	30
Tabela 5: Número de contribuições por autor	37
Tabela 6: Produtividade dos periódicos analisados	38
Tabela 7: Frequência de palavras-chave	40
Tabela 8: Contribuição relativa de cada substância para incremento de Gases de Efeito Estufa	44
Tabela 9: Cenários utilizados no estudo de caso	49
Tabela 10: Parâmetros volumétricos das misturas asfálticas	50
Tabela 11: Características das misturas asfálticas utilizadas	51
Tabela 12: Estrutura do pavimento (dimensionamento)	52
Tabela 13: Vida útil dos cenários após dimensionamento	53
Tabela 14: Emissões de gases de efeito estufa e quantidade de energia relacionadas à produção dos insumos	54
Tabela 15: Coeficiente de combustível de equipamentos – construção	55
Tabela 16: Composição da construção da sub-base	56
Tabela 17: Composição da usinagem da BGS	57
Tabela 18: Composição da construção da BGS	58
Tabela 19: Composição da construção de revestimento asfáltico	59
Tabela 20: Composição da usinagem de revestimento asfáltico	60
Tabela 21: Vida útil dos cenários após a manutenção	62
Tabela 22: Coeficiente de combustível - manutenção	63
Tabela 23: Composição da fresagem de revestimento asfáltico	64

Tabela 24: Emissões por cenário - construção	66
Tabela 25: Relação entre indicadores em relação à mistura padrão - construção	67
Tabela 26: Emissões por cenário - construção e manutenção	70
Tabela 27: Relação entre indicadores em relação à mistura padrão - manutenção	71
Tabela 28: Comparação de cenários após a manutenção	73

1 Introdução

Os avanços tecnológicos trouxeram benefícios à sociedade moderna em diversos setores, como melhorias no transporte, na saúde e na comunicação. Apesar de benéficas para o bem-estar da população, muitas tecnologias provocam impactos no meio ambiente, através da geração de resíduos, contaminação de corpos d'água ou até mesmo pelo incentivo do consumo excessivo de determinada matéria prima.

O setor de transportes fornece notáveis contribuições para a degradação do meio ambiente, seja pela poluição da atmosfera provocada pela queima de combustíveis pelos veículos, ou pelo uso do solo, que desmata grandes extensões para a passagem de uma rodovia ou ferrovia. Estima-se que esse setor tenha produzido 7,0 GtCO_{2 eq} de emissões diretas de gases de efeito estufa no ano de 2010, podendo chegar a 12,0 GtCO_{2 eq} por ano até 2050 (IPCC, 2014). Nos Estados Unidos, o setor de transporte foi responsável por 28,6% das emissões de CO_{2 eq} no ano de 2019, identificado como a maior contribuição das emissões entre os setores da economia do ano de estudo (United States Environmental Protection Agency, 2021)

A criação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) em 2015, resultado da ação coletiva das Nações Unidas em conjunto aos governos e a sociedade civil, propôs uma nova agenda de desenvolvimento. Os ODS buscam tomar medidas orientadas visando o fim da pobreza, promover a prosperidade e bem-estar da sociedade e enfrentar as mudanças climáticas. Esses objetivos se basearam nos oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), definidos após a Cúpula do Milênio, em 2000. Foram definidos 17 ODS, de modo que as 169 metas traçadas alcancem as intenções que os ODM deixaram em aberto.

Considerando a constante necessidade de construção, ampliação e manutenção da rede rodoviária, a concepção de rodovias mais sustentáveis promove a utilização mais consciente dos materiais empregados nas camadas do pavimento, além de valorizar os estudos de impactos ambientais, alinhando-se ao que foi proposto pelos ODS. Entre os objetivos abordados, pode-se apontar a construção de infraestruturas resilientes, a promoção da industrialização inclusiva e sustentável e o fomento da inovação; o que contribuirá para tornar as cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, assegurando padrões de produção e de consumo sustentáveis.

A construção e manutenção de rodovias gera impactos consideráveis na sociedade, tanto positivos como negativos. De um lado tem-se a melhoria na rede de transportes, que promove acessibilidade a serviços e oportunidades; por outro lado, há principalmente a degradação do meio ambiente, promovida pela ocupação e uso do solo, pela queima de combustíveis pelos veículos e pela construção em si, que utiliza materiais de origem fóssil.

A implantação de novas rodovias pode ter resultados mais ambientalmente sustentáveis quando há essa preocupação ainda na fase de projeto, tendo em vista as alternativas geradas pelos avanços feitos pela ciência nessa área, ou seja, a adoção de medidas sustentáveis não se limita à escolha de materiais reciclados, podendo ser representada também por ações de gerenciamento de pavimentos. A gestão das ferramentas e controles de execução podem contribuir para a redução de emissões durante a vida útil de uma estrutura de pavimento, constituindo assim uma ação de promoção de sustentabilidade ambiental.

As emissões produzidas pelos pavimentos podem ser analisadas utilizando a ferramenta de Análise de Ciclo de Vida (ACV), já que considera várias etapas da vida útil da estrutura, podendo ser considerada uma abordagem de estudo mais holística. Esse tipo de estudo divide a vida útil de um processo ou estrutura em diversas etapas, considerando as emissões provenientes da extração de materiais, beneficiamento, construção e reciclagem (Figura 1). A ferramenta também permite com que outras etapas sejam estudadas de acordo com a necessidade do estudo, como etapa de uso da estrutura e transporte de materiais.

As ferramentas mais recentes de análise de ciclo de vida permitem contabilizar de maneira sistemática as emissões produzidas em várias etapas da vida do pavimento, resultando em uma análise mais completa. Essas ferramentas podem ser utilizadas tanto para a seleção de materiais quanto para a definição de estratégias de manutenção de rodovias. Nesse contexto podem ser simulados, através de softwares específicos, os defeitos que provavelmente ocorrerão nos pavimentos; para então, analisar seus desdobramentos em termos de emissões para o meio ambiente.

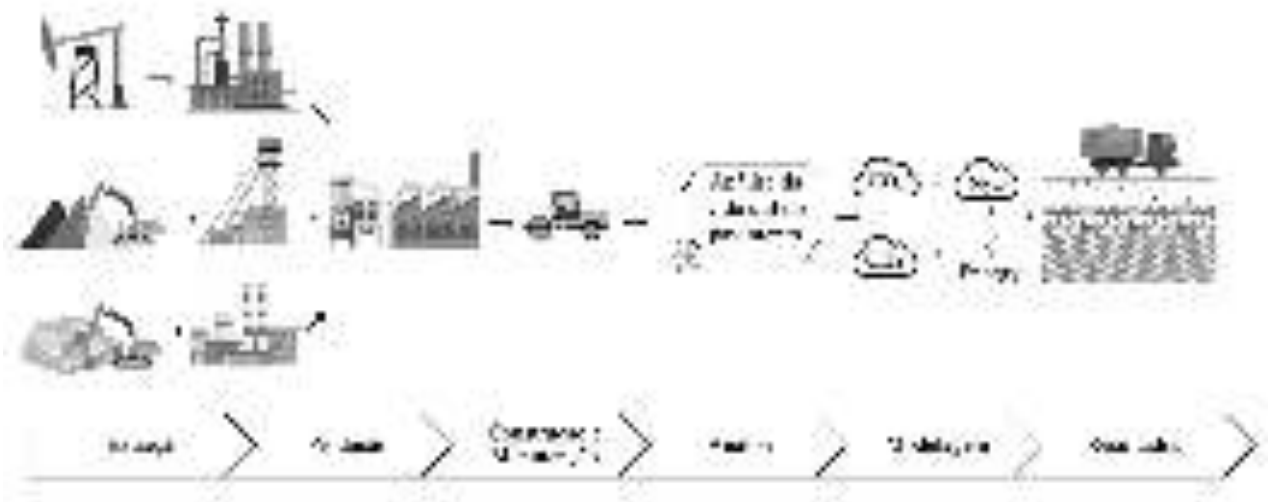


Figura 1: Resumo gráfico do processo de Análise de Ciclo de Vida

Fonte: Adaptado de Nascimento et al. (2020)

1.1 Justificativa

A tomada de decisão relacionada ao gerenciamento de pavimentos costuma aplicar a Análise de Ciclo de Vida (ACV) considerando os custos ao longo desse ciclo, definindo as propostas de manutenção e reabilitação sob ótica exclusivamente monetária, respeitando as características e propriedades mecânicas dos materiais. A nova abordagem dessa ferramenta, incluindo aspectos ambientais, pode fornecer informações relevantes e influenciar os tomadores de decisões e gerentes de redes de pavimentos. (Santos *et al.*, 2017)

Embora ainda não seja usual na gerência de pavimentos, a comparação entre materiais pode ser feita utilizando a ACV. A análise pode ser feita de forma que evidencie os impactos da adoção de novas tecnologias ou materiais para uma determinada intervenção ou construção.

Diante da demanda do mercado por processos de fabricação mais eficientes em termos de energia, diversos materiais são desenvolvidos para suprir essa necessidade. Os aspectos mencionados podem resultar ainda em vantagens econômicas e ambientais, podendo citar a combinação de asfalto reciclado e misturas mornas. (Giani *et al.*, 2015)

Há uma tendência pela procura por materiais que produzem menos emissões ao meio ambiente, ou com menor consumo energético (Araújo *et al.*, 2014; Hasan *et al.*, 2020;

Santos *et al.*, 2021); ou ainda por técnicas que promovam a redução de impactos (Celauro *et al.*, 2016; Gulotta *et al.*, 2019). O correto uso da ACV pode impactar também as decisões tomadas na fase de projeto (Batouli *et al.*, 2017).

A aplicação de ACV pode ser aliada a ferramentas de análises multicritério que auxiliam a tomada de decisões a partir da otimização da relação de *inputs* e *outputs* (Nascimento *et al.*, 2020). A aplicação dessas ferramentas pode auxiliar análises em que o custo é introduzido como fator a ser otimizado, além das emissões ambientais produzidas ao longo do ciclo de vida.

Nesse contexto, há espaço para a melhoria do desempenho dos pavimentos por meio da aplicação de técnicas de gerenciamento e controle de qualidade, fazendo com que sejam identificados os fatores que mais prejudicam as estruturas analisadas para a futura mitigação. Diversas falhas podem resultar em pavimentos com qualidades inferiores às projetadas, entretanto, o controle da temperatura e energia de compactação na execução da camada do revestimento composto por misturas asfálticas a quente são os principais fatores que podem variar em campo, pois dependem principalmente da atenção e experiência da equipe de construção.

A temperatura de aplicação de uma mistura asfáltica em pista pode ser influenciada por diversos fatores, como distância entre a usina e o local de execução, condições climáticas e proteção do material no caminhão durante o transporte até a obra, entre outros, sendo necessário verificar a temperatura antes da sua aplicação. Esta ação permite inferir se a mistura asfáltica apresenta características adequadas de trabalhabilidade que possibilite o espalhamento e a compactação do material de forma que resulte no revestimento com características adequadas e previstas no projeto (Balbo, 2007).

Caso as temperaturas dos materiais, da mistura e de compactação previstas não sejam atendidas, o revestimento asfáltico pode apresentar problemas. A temperatura elevada tende a fazer a mistura fluir, provocando deformações resultantes de uma menor ligação e maior lubrificação. Por outro lado, a baixa temperatura dificulta a compactação da mistura, pois o ligante asfáltico fica muito plástico e pegajoso, resultando em um material com densidade inadequada (Bernucci *et al.*, 2006).

1.2 Objetivos da pesquisa

O objetivo principal proposto pelo presente trabalho é investigar a relação entre o controle tecnológico de execução de misturas asfálticas e a variação dos parâmetros ambientais considerando o ciclo de vida dos pavimentos. Para esse estudo foram utilizados os parâmetros de emissão de CO_2_{eq} e energia primária requerida.

A decisão sobre os parâmetros adotados no estudo foi baseada na revisão bibliográfica que propôs identificar os principais indicadores utilizados nesse tipo de estudo. Como resultado, os gases CO_2 (Dióxido de carbono), CH_4 (Metano) e N_2O (Óxido nitroso) foram identificados como os principais gases emitidos durante a construção de pavimentos com revestimentos asfálticos, podendo ser convertidos em dióxido de carbono equivalente para a interpretação dos resultados. O parâmetro de energia primária requerida (GER) foi incorporado ao estudo como forma de abordagem das questões energéticas, também comumente encontradas na revisão bibliográfica, além das emissões atmosféricas.

Nesse contexto, o trabalho se propõe a responder às perguntas:

- O controle tecnológico mais rigoroso da execução de misturas asfálticas produz algum efeito em termos ambientais ou se restringem a melhorias mecânicas da camada?
- Em caso afirmativo, qual característica de monitoração produz melhores resultados?
- Em termos quantitativos, qual é o impacto que o controle tecnológico pode produzir comparando uma execução controlada e uma não controlada?

Dessa forma, espera-se analisar o ciclo de vida de pavimentos, considerando os indicadores mencionados, abordando as fases de extração, produção, construção e manutenção dos cenários propostos. O presente trabalho possui, resumidamente, os seguintes objetivos:

- Analisar os benefícios ambientais de um controle tecnológico bem realizado na etapa de execução;
- Abordar os indicadores ambientais mais utilizados para os cenários estipulados;
- Verificar quais condições de execução provocam mais prejuízos ao meio ambiente;

- Adaptar os indicadores usuais na literatura em forma de um indicador de eficiência para pavimentos.

1.3 Roteiro Metodológico

A presente dissertação foi dividida em 8 capítulos. O primeiro capítulo aborda uma introdução ao tema, com as considerações iniciais, o problema de pesquisa, os objetivos e a justificativa.

Nos capítulos 2 e 3 serão apresentados conceitos da revisão bibliográfica, que formarão a base teórica para as discussões apresentadas. No capítulo 2 serão abordados os conceitos sobre controle tecnológico, expondo também as principais características e propriedades de misturas asfálticas utilizadas como revestimento de pavimentos, enquanto o capítulo 3 apresentará definições sobre a ACV. A revisão bibliométrica será apresentada no capítulo 4, incluindo as análises feitas sobre as publicações, autores e periódicos encontrados.

O procedimento metodológico utilizado para o estudo será discutido no capítulo 5, seguido da aplicação do estudo de caso no capítulo 6. Por fim, as discussões e conclusões serão tratadas nos capítulos 7 e 8, respectivamente.

2 Pavimentos Flexíveis

Segundo Yoder e Witczak (1975), tecnicamente, “o pavimento é uma estrutura composta por camadas construída sobre uma fundação (terreno natural) denominada de subleito”, que recebe em sua superfície solicitações do tráfego de veículos com rodas flexíveis (pneus) e as suas principais funções são:

- resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego;
- melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança;
- resistir aos esforços horizontais (desgaste), tornando mais durável a superfície de rolamento;
- resistir às ações do intemperismo.

Os pavimentos são divididos em duas categorias: rígido ou flexível (Yoder e Witczak, 1975). O pavimento rígido é constituído por placa de concreto de cimento Portland e pode ou não ter uma camada de sub-base entre a placa e o subleito. O pavimento flexível é constituído de uma camada de rolamento de pequena espessura, aplicada sobre camadas de base e de sub-base que são construídas sobre o subleito compactado.

No Brasil, assim como em diversos países, a maioria dos pavimentos é composta por revestimento asfáltico sobre camadas granulares, ou seja, por pavimento flexível. Apenas 2% apresenta na camada de rolamento ou revestimento uma placa de concreto de cimento, que também tem função de base, ou seja, pavimento rígido (Carvalho, 2018).

Um pavimento flexível pode ser composto pelas seguintes camadas (DNIT, 2006):

- revestimento ou capa de rolamento: é a camada que tem a função de receber diretamente os esforços provenientes do tráfego e transmiti-los às camadas inferiores, proporcionar uma superfície de rolamento com conforto e segurança. Deve ainda impermeabilizar o pavimento, protegendo as camadas inferiores e conferir resistência às intempéries;
- base: é a camada executada abaixo do revestimento, destinada a resistir às ações dos veículos e a transmiti-las, de forma conveniente, à camada subjacente. Pode ser executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado;

- sub-base: camada construída entre o subleito (ou camada de reforço) e a camada de base, tem como objetivo evitar o bombeamento do solo do subleito para a camada de base. O material empregado deve ter boa capacidade de suporte;
- reforço do subleito: é uma camada de espessura constante sobre o subleito regularizado, constituída por solo de qualidade superior à do subleito.

A quantidade de camadas e suas espessuras variam com a qualidade do subleito, com o tráfego que irá solicitar o pavimento e as características dos materiais que irão compor a sua estrutura, sendo que as camadas mais próximas da superfície devem apresentar melhores características (maior resistência) e, conseqüentemente, poderão apresentar custos mais elevados.

O revestimento, seja no pavimento flexível ou no rígido, é a camada superficial, que fica em contato direto com as cargas do tráfego. No caso de pavimentos flexíveis, o revestimento, geralmente, é composto por uma mistura asfáltica.

2.1 Misturas asfálticas usinadas

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), também chamado de Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ) ou Concreto Asfáltico (CA), pode ser considerado como a mistura asfáltica mais comum e tradicional empregada no país. Essa mistura é obtida a partir da combinação de agregados minerais bem graduados, material fino de enchimento (filer), e de cimento asfáltico de petróleo (conhecido como CAP), misturada e compactada a quente (Balbo, 2007).

As misturas asfálticas podem ser subdivididas em três grupos quanto à graduação dos agregados: densa, aberta e descontínua. O primeiro tipo apresenta uma curva granulométrica contínua e bem graduada, com poucos vazios, visto que os agregados menores preenchem os vazios deixados pelos maiores. A graduação aberta possui curva granulométrica uniforme, com agregados quase de um mesmo tamanho, resultando em muitos vazios. A graduação descontínua possui um esqueleto mineral mais resistente à deformação permanente devido às proporções da curva granulométrica com grãos de maiores dimensões e maior resistência em quantidade dominante.

No entanto, as propriedades volumétricas de uma mistura asfáltica dependem da interação de seus componentes majoritários: ligante asfáltico e agregados. Essa interação influencia a estabilidade das misturas, necessitando de parâmetros que indiquem se o material apresenta características para ser utilizado. O volume de vazios pode ser utilizado como um parâmetro alvo indicador de um certo grau de intertravamento da mistura asfáltica (Cheng *et al.*, 2021). Para atingir o volume de vazios adequado, previsto em norma e definido no projeto, um dos fatores mais importante é a temperatura (dos materiais, da mistura e da compactação), que irá influenciar diretamente na qualidade final da camada de revestimento. Portanto, o controle tecnológico da produção e aplicação da mistura asfáltica deve incluir a temperatura como um dos elementos mais importantes.

Segundo o NCHRP (2011), uma mistura asfáltica quando aplicada na camada superficial do pavimento (revestimento ou capa) deve apresentar as seguintes propriedades:

- resistência à deformação permanente (em temperaturas elevadas): a mistura não deve deformar ou ser deslocada quando submetidos às cargas de tráfego;
- resistência à fadiga: a mistura não deve trincar quando submetida a cargas repetidas de tráfego num determinado período de tempo;

- resistência às trincas térmicas (a baixa temperatura): a mistura não deve trincar quando submetida a temperaturas baixas; esta propriedade é mais comum em regiões de clima frio;
- durabilidade: a mistura deve conter cimento asfáltico suficiente para garantir uma adequada espessura da película asfáltica em torno das partículas de agregados. Além disso, a mistura compactada não deve ter vazios muito elevados, pois isso acelera o processo de envelhecimento;
- resistência à umidade por dano induzido;
- resistência à derrapagem;
- trabalhabilidade: a mistura deve apresentar facilidade de ser aplicada e compactada;
- baixo ruído e boas propriedades de drenagem.

Para produzir misturas asfálticas que atendam essas propriedades é fundamental utilizar um método de dosagem, que possibilite a seleção e avaliação de materiais (individualmente e também da mistura de materiais), assim como a definição das proporções de cada material. No Brasil, a mistura asfáltica mais empregada é a usinada a quente e o método de dosagem é o Marshall.

A mistura asfáltica usinada a quente é composta de agregados e de ligante asfáltico, misturados em usina apropriada, aplicados e compactados a quente. Os agregados, geralmente, representam 95% da mistura em peso, enquanto o ligante asfáltico os restantes 5%. Em alguns casos, podem ser adicionados aditivos a mistura asfáltica para melhorar seu desempenho, como fibras, polímeros, borracha, melhoradores de adesividade, etc. (NCHRP, 2011)

2.2 Influência da temperatura e da energia de compactação

Antes de ser solicitada pelas cargas de tráfego, a mistura asfáltica empregada na camada do revestimento é submetida às etapas de mistura (normalmente em usina), lançamento e compactação. Nessas etapas, o ligante asfáltico deve apresentar o comportamento de um fluido, facilitando sua mistura com os agregados minerais e aumentando a eficiência da compactação (NCHRP, 2011).

Por isso é fundamental a aplicação das temperaturas adequadas para que o revestimento seja executado da melhor forma possível, atendendo as especificações e as solicitações de tráfego durante toda sua vida útil. A propriedade utilizada para caracterizar o comportamento dos ligantes asfálticos a altas temperaturas é a viscosidade (NCHRP, 2011). No caso de misturas com ligantes asfálticos puros, os intervalos das temperaturas adequadas para a mistura na usina e a compactação no campo devem ser determinados através dos resultados de ensaios de viscosidade do ligante asfáltico.

Os valores recomendados a partir do ensaio executado com equipamento Saybolt-Furol são aqueles correspondentes a viscosidade de 75 a 95 sSF para mistura e de 125 a 155 sSF para compactação e de 170 ± 20 cP para a mistura e de 280 ± 30 cP para a compactação quando executado ensaio com equipamento Brookfield (DNIT, 2006).

A compactação pode ser caracterizada como o processo ao qual misturas asfálticas são submetidas com a finalidade de garantir que o material granular solto adquira coesão. A má execução desse processo pode comprometer o desempenho e encurtar o tempo de vida útil do revestimento (Bi *et al.*, 2021).

A característica viscoelástica apresentada pelas misturas asfálticas explica a variação de comportamento do material frente à diferentes temperaturas e taxas de carregamento (Motamedi *et al.*, 2020). Dessa forma, esse comportamento também pode ser notado no processo de compactação do revestimento asfáltico, resultando em misturas com características diferentes, dependendo da temperatura e energia aplicadas, apesar dos materiais constituintes serem os mesmos.

O controle da temperatura da mistura asfáltica se faz necessário tanto na produção da massa quanto no momento da sua aplicação, de forma a garantir a trabalhabilidade adequada, permitindo o espalhamento e a compactação da mistura sem a perda das características definidas em projeto. A compactação de misturas asfálticas com temperatura inferior à especificada em projeto pode resultar em: perda de estabilidade da mistura, diminuição da resistência a tração, redução do módulo de resiliência, surgimento precoce de deformação plástica, entre outros defeitos (Balbo, 2007).

A compactação da mistura em campo é usualmente feita com o auxílio de rolos compactadores. Nesse processo, o número de vezes que o rolo compactador passa sobre a mistura pode influenciar o desempenho do revestimento, podendo acelerar o processo

de degradação e deterioração da camada. A aplicação de energia de compactação deve variar de acordo com a espessura da camada, temperatura da mistura, condições climáticas e tipo de maquinário (Zhao *et al.*, 2021).

2.3 Controle tecnológico da execução do revestimento asfáltico

A construção do revestimento de um pavimento deve passar por controle criterioso, tanto dos elementos que compõem a mistura, como do revestimento asfáltico em si. Esse controle é previsto pela norma DNIT 031/2006 – ES.

A norma recomenda os ensaios específicos que permitem verificar e garantir que as propriedades dos materiais utilizados e definidos em projeto sejam atendidas. De forma complementar, também é definida a periodicidade de cada ensaio para que não exista diferença nas propriedades das misturas produzidas em diferentes bateladas ou nos carregamentos de material.

Alguns ensaios são recomendados pela norma para evitar possíveis acidentes específicos, como os ensaio de espuma. Considerando as altas temperaturas que o concreto asfáltico necessita para a sua correta execução, algumas situações podem ser evitadas a partir da verificação das características do ligante asfáltico através de ensaios específicos.

Os principais ensaios são indicados de acordo com a etapa de estudo: análise, caracterização e dosagem dos materiais da mistura asfáltica e controle tecnológico durante a execução das camadas do pavimento. A Tabela 1 apresenta os ensaios recomendados pela norma DNIT 031/2006 – ES para o controle tecnológico de misturas asfálticas.

Tabela 1: Resumo dos ensaios de controle tecnológico

Material	Ensaio	Função
Ligantes Asfálticos	Penetração	Ensaio muito utilizado para a especificação de cimentos asfálticos. Mede a "dureza" do ligante.
	Ponto de Fulgor	Ensaio relacionado à segurança. Impede que os gases liberados pelo ligante se inflamem.
	Espuma	Ensaio relacionado à segurança. Identifica se há água no ligante, o que pode provocar acidentes durante o aquecimento do material.
	Suscetibilidade Térmica	Indica a variação da consistência do ligante frente a variação de temperatura.
	Viscosidade	Indica a resistência ao escoamento do CAP.
Agregados	Desgaste Los Angeles	Verifica se os agregados suportam as solicitações sem apresentarem degradação excessiva.
	Adesividade	Verifica se há descolamento da película de ligante asfáltico do agregado.

Material	Ensaio	Função
	Índice de Forma	Verifica o formato das partículas de agregado.
	Granulometria	Indica o tamanho das partículas de agregado.
	Equivalente de areia	Identifica a proporção relativa de argila ou pó em agregado miúdo.
	Marshall	Relacionado ao desempenho do material. Ensaio que indica a estabilidade e fluência das misturas
	Resistência à Tração	Ensaio de ruptura que provoca a tração através da compressão diametral. A resistência à tração possui boa correlação com o módulo de resiliência do material.
	Teor de betume	Ensaio que confere a porcentagem de betume usada em relação à massa total da amostra

Fonte: Elaboração própria

2.3.1 Ensaios de ligantes asfálticos

O ligante asfáltico é um material amplamente utilizado em construções devido às suas características, sendo importante citar a capacidade de proporcionar uma forte união dos agregados e ter uma flexibilidade controlável. Apesar de apresentar diversas vantagens no seu uso, o asfalto é um material termoviscoelástico, o que significa que seu comportamento também varia com a sua temperatura. Desta forma, para um melhor aproveitamento, diferentes ensaios são necessários para garantir o melhor desempenho do material.

A realização de ensaios deve ser feita de forma que as propriedades da massa asfáltica produzida sejam conhecidas, e consequentemente respeitem as normas técnicas e se assemelhem ao projeto. O controle da inspeção referente ao ligante asfáltico diz respeito justamente ao confronto dos resultados produzidos com os intervalos definidos pelas normas brasileiras e o atendimento do projeto.

2.3.1.1 Determinação de Penetração

O ensaio mede, em décimos de milímetros, a penetração de uma agulha no ligante asfáltico a 25°C durante 5 segundos. Este ensaio é utilizado comumente para a especificação de cimentos asfálticos em diversos países. O ensaio é normalizado por: NBR 6567/98 e DNER-ME 003/99.

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização do ensaio para todos os carregamentos de ligante asfáltico.

2.3.1.2 Determinação de Ponto de Fulgor

O ensaio de ponto de fulgor está diretamente relacionado com a segurança durante o seu manuseio. O ensaio caracteriza qual é a menor temperatura na qual os vapores emitidos pelo aquecimento do material se inflamam por contato com uma chama padrão. O ensaio é normalizado por: NBR 11341/2004 e DNER-ME 148/94.

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização do ensaio para todos os carregamentos de ligante asfáltico.

2.3.1.3 Ensaio de Espuma

A presença de água no CAP pode ser perigosa durante o aquecimento do material. Essa situação pode causar explosões ocasionadas pela dificuldade liberar as bolhas de água. Apesar de não existir uma norma específica para este ensaio, a especificação brasileira de CAP, prevê que o ligante não deveria espumar quando aquecido até 175°C.

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização do ensaio para todos os carregamentos de ligante asfáltico.

2.3.1.4 Determinação de Suscetibilidade Térmica

A suscetibilidade térmica do ligante asfáltico indica a sensibilidade da sua consistência frente à variação de temperatura. Por ser caracterizado como um material termoviscoplastico, não é desejável que haja uma alta suscetibilidade térmica (Bernucci *et al.*, 2006).

Há diferentes abordagens para mensurar esta propriedade do material, sendo usualmente adotado o procedimento proposto por Pfeiffer e Van Doormaal, determinando a suscetibilidade a partir do ponto de amolecimento e da penetração do CAP. O ensaio de ponto de amolecimento, conhecido como Anel e Bola, é uma medida empírica que verifica a temperatura em que o asfalto amolece, ocorrendo uma condição de escoamento específica. O ensaio é normalizado por: NBR 6560/2000

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização do ensaio de suscetibilidade térmica para cada 100t de carregamento de ligante asfáltico.

2.3.1.5 Determinação de Viscosidade

O Ensaio de viscosidade se refere à propriedade de resistência ao escoamento, podendo ser interpretado como uma medida da consistência. Os ensaios de viscosidade foram desenvolvidos a partir dos princípios de mecânica dos fluídos, considerando uma tensão de cisalhamento aplicada e a velocidade de deformação. Para estudar esta propriedade, foram desenvolvidos diversos viscosímetros, entretanto os mais famosos são viscosímetro de Saybolt-Furol e o rotacional (Brookfield). Os ensaios são normalizados por: NBR 14756/2001, para Saybolt-Furol e NBR 15184 para Brookfield.

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização do ensaio para cada 100t de carregamento de ligante asfáltico.

2.3.2 Ensaios de agregados

Os revestimentos asfálticos usuais podem ser definidos como uma associação de agregados, ligante asfáltico, e em casos particulares, produtos complementares. Sendo assim, fica evidente a necessidade da investigação das propriedades dos componentes que constituem os revestimentos para assegurar o seu desempenho projetado.

2.3.2.1 Determinação de desgaste por abrasão Los Angeles

O ensaio de desgaste simula o fenômeno de abrasão dos agregados que acontece durante a passagem do tráfego, assim como no manuseio e execução do pavimento. O material deve resistir às solicitações sem apresentar degradação, quebras ou até desintegração.

O ensaio de Los Angeles simula, através da submissão do agregado à 500 ou 1000 revoluções junto com esferas de aço em um equipamento padronizado, o desgaste dos agregados estudados. Este processo induz o impacto entre as partículas, sendo avaliado pela redução de massa dos agregados retidos na peneira de 1,7mm. O ensaio é normalizado por: DNER-ME 035/98 e DNER-ME 222/94

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização do ensaio em casos de dúvidas ou variações quanto à origem e natureza dos materiais.

2.3.2.2 Determinação de Adesividade

A avaliação da adesividade do ligante asfáltico ao agregado consiste em verificar se ocorre o descolamento ou separação da película de ligante pela ação da água. Os ensaios que abordam esta propriedade podem ser divididos em dois grupos: aqueles que avaliam o comportamento das partículas de agregado cobertas por ligante e os que avaliam o desempenho de misturas asfálticas sob ação da água. O ensaio é normalizado por: DNER-ME 078/94 e DNER-ME 079/94

O ensaio de dano por umidade induzida simula a adesividade pela relação entre a resistência à tração, por compressão diametral, de corpos de prova à 25°C (sem condicionamento) e corpos de prova submetidos à saturação parcial e baixas temperaturas. O ensaio ficou conhecido como Lottman modificado e é normalizado pela norma DNIT-ME 180/2018.

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização do ensaio em casos de dúvidas ou variações quanto à origem e natureza dos materiais.

2.3.2.3 Determinação de Índice de Forma

A trabalhabilidade e resistência ao cisalhamento da mistura asfáltica possuem relação direta com a forma dos agregados utilizados. Partículas irregulares apresentam melhor intertravamento quanto mais “cúbicas” forem, ao invés de alongadas ou lamelares. O ensaio é normalizado por: DNER-ME 086/94 ou NBR 6954/1989.

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização do ensaio em casos de dúvidas ou variações quanto à origem e natureza dos materiais.

2.3.2.4 Determinação da Granulometria

O ensaio de granulometria determina a curva granulométrica do material a partir da porcentagem retida em cada peneira. Dessa forma, a curva granulométrica é obtida de acordo com o tamanho das partículas do agregado. A importância da realização do ensaio

está diretamente relacionada com a estabilidade da mistura. O ensaio é normalizado por: DNER-ME 083/98.

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização de dois ensaios para cada silo quente, por cada jornada de oito horas de trabalho, além de um ensaio do material de enchimento (filer) por cada jornada de oito horas de trabalho.

2.3.2.5 Determinação do Equivalente de Areia

O equivalente de areia é determinado pela proporção relativa de argila ou pó em amostras de agregado miúdo. Neste ensaio, a amostra é colocada em uma proveta com solução de cloreto de cálcio-glicerina-formaldeído. Após o ensaio, é possível determinar a altura de material floculado em suspensão para calcular o equivalente de areia. O ensaio é normalizado por: DNER-ME 054/97.

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização do ensaio por cada jornada de oito horas de trabalho.

2.3.3 Ensaios de misturas asfálticas

O bom desempenho do revestimento asfáltico depende, não só da seleção e controle dos materiais, como da correta usinagem. Complementar à inspeção dos materiais utilizados na produção da mistura asfáltica, são necessários ensaios após a usinagem para verificar se as características do projeto foram alcançadas

2.3.3.1 Determinação de Estabilidade e Fluência

O ensaio de Marshall pode ser realizado com o intuito de estudar as propriedades de estabilidade e fluência do material analisado. A estabilidade se refere à carga máxima indicativa da resistência do corpo de prova à compressão diametral confinada, enquanto a fluência se refere ao deslocamento máximo apresentado pelo corpo de prova correspondente à aplicação de carga máxima. O ensaio é normalizado por: DNER-ME 043/95.

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização do ensaio de Marshall em 03 corpos de prova para cada oito horas de trabalho.

2.3.3.2 Resistência à Tração

O ensaio de resistência à tração por compressão diametral, também conhecido como ensaio brasileiro, foi desenvolvido pelo Prof. Lobo Carneiro, na COPPE para cimento-concreto. O ensaio aplica compressão por meio de duas forças opostas e concentradas em um corpo de prova cilíndrico, gerando tensões de tração ao longo do diâmetro. O ensaio é normalizado por: DNER-ME 138/94.

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização de um ensaio de resistência à tração para cada oito horas de trabalho.

2.3.3.3 Teor de asfalto

O teor de asfalto, definido em projeto após o estudo de dosagem adequada, pode ser verificado por diferentes métodos, entretanto, a norma DNIT 031/2006 ES de concreto asfáltico recomenda o método que utiliza um extrator centrífugo denominado de rotarex, apresentado na norma DNER-ME 053/94. Esse método consegue extrair o ligante asfáltico após o aquecimento e centrifugação da amostra, com uso de solvente. Após esta técnica, o teor de asfalto é definido pela diferença entre as massas pesadas.

O método que utiliza o extrator Soxhlet, definido pela DNER-ME 158, também é muito utilizado para este fim.

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização do ensaio a cada 700m² de pista executada, sendo a amostra retirada após a passagem da acabadora.

2.3.3.4 Ensaio de Granulometria

O ensaio de granulometria deve ser repetido após a extração do asfalto da mistura asfáltica, seguindo a norma DNER-ME 083/98.

A norma DNIT 031/2006 prevê a realização de dois ensaios para cada silo quente, por cada jornada de oito horas de trabalho, além de um ensaio do material de enchimento (filer) por cada jornada de oito horas de trabalho.

2.3.4 Periodicidade de realização de ensaios

A Norma DNIT 031/2006 define a periodicidade dos ensaios que devem ser realizados para o controle adequado da execução de camadas asfálticas. A Tabela 2 apresenta um resumo dos ensaios e a periodicidade recomendada para misturas convencionais sem utilização de dope.

Tabela 2: Periodicidade de realização de ensaios

Material	Norma	Ensaio	Periodicidade
Agregado	DNER-ME 083/98	Granulometria do agregado de cada silo quente	Em cada jornada de 8 horas de trabalho
Agregado	-	Medida de temperatura do agregado, no silo quente da usina;	Medidas de temperatura durante a jornada de 8 horas de trabalho
Agregado Graúdo	DNER-ME 035/98	Desgaste Los Angeles	Em casos de dúvidas ou variações quanto à origem e natureza dos materiais
Agregado Graúdo	NBR 6954/1989 DNER-ME 086/94	Índice de forma	Em casos de dúvidas ou variações quanto à origem e natureza dos materiais
Agregado Miúdo	DNER-EM 367/97	Granulometria do filer	Em cada jornada de 8 horas de trabalho
Agregado Miúdo	DNER-ME 054/97	Equivalente de areia do agregado miúdo	Em cada jornada de 8 horas de trabalho
Ligante Asfáltico	DNER-ME 003/99	Ensaio de penetração a 25°C	Todo carregamento que chegar à obra
Ligante Asfáltico	NBR 11341/2004 DNER-ME 148/94	Ensaio de ponto de fulgor	Todo carregamento que chegar à obra
Ligante Asfáltico	DNER-ME 003 NBR 6560	Índice de susceptibilidade térmica	Cada 100t de ligante
Ligante Asfáltico	NBR 14756/2001 NBR 15184	Viscosidade <i>Saybolt-Furol ou Brookfield</i>	Todo carregamento que chegar à obra
Ligante Asfáltico	NBR 14756/2001 NBR 15184	Viscosidade em diferentes temperaturas para curva viscosidade x temperatura	Cada 100t de ligante
Ligante Asfáltico	-	Medida de temperatura do ligante, na usina;	Medidas de temperatura durante a jornada de 8 horas de trabalho
Mistura asfáltica	-	Ensaio de espuma	Todo carregamento que chegar à obra
Mistura asfáltica	DNER-ME 078/94 DNER-ME 079/94	Características da mistura: adesividade	Em casos de dúvidas ou variações quanto à origem e natureza dos materiais
Mistura asfáltica	DNER-ME 043/95	Ensaio de estabilidade Marshall	Três corpos-de-prova de cada mistura por jornada de oito horas de trabalho

Material	Norma	Ensaio	Periodicidade
Mistura asfáltica	DNER-ME 138/94	Resistência à tração	Três corpos-de-prova de cada mistura por jornada de oito horas de trabalho
Mistura asfáltica	DNER-ME 053/94 DNER-ME 158/2011	Teor de ligante asfáltico	A cada 700m ² de pista.
Mistura asfáltica	DNER-ME 083/98	Granulometria da mistura de agregados	A cada 700m ² de pista.
Mistura asfáltica	-	Medida de temperatura da mistura, no momento da saída do misturador.	Medidas de temperatura durante a jornada de 8 horas de trabalho
Mistura asfáltica	DNIT-ES 031/2006	Grau de compactação	Determinações em locais escolhidos, aleatoriamente, durante a jornada de trabalho,

Fonte: Adaptado de DNIT-ES 031/2006

3 Análise de Ciclo de Vida

Diante da expectativa do mercado por soluções que demandem menos recursos físicos e econômicos, a ACV tem se apresentado como uma ferramenta útil para a tomada de decisões, uma vez que considera aspectos além dos custos financeiros (Farina *et al.*, 2017). Dessa forma, a ferramenta pode ser aplicada ainda na fase de projeto de pavimentos, mas também auxiliando na avaliação dos impactos ambientais produzidos em cada fase da vida útil da estrutura (AzariJafari *et al.*, 2016).

Os estudos de ACV devem ter como base a metodologia normalizada pelas ISO 14040 e ISO 14044. Normalmente a análise se dá em quatro etapas: definição do escopo e objetivo, análise do inventário, avaliação dos impactos e interpretação dos resultados.

O estudo começa com a definição dos objetivos e escopo específicos. Após essa etapa, deve ser feita a principal tarefa da análise, que consiste no levantamento do inventário, responsável por compilar e quantificar os impactos ambientais relevantes de todo o ciclo de vida do produto ou processo. Em seguida, pode ser realizada a etapa de avaliação de impacto, que permite a comparação e análise dos resultados (Huang *et al.*, 2009). As etapas estão resumidas na Figura 2.

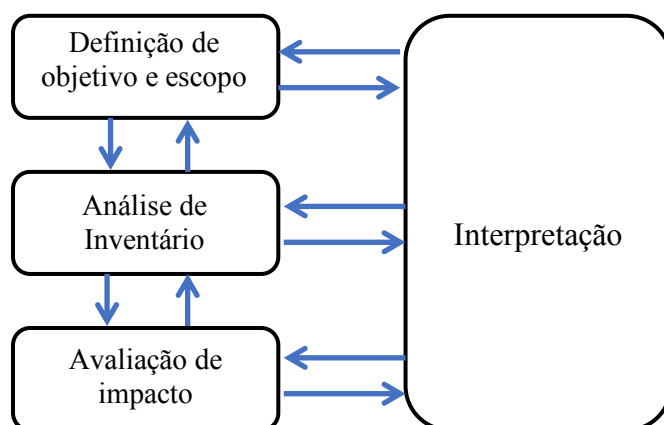


Figura 2: Estrutura básica de um ACV

Fonte: Adaptado da norma ISO 14040:2006

3.1 Etapas de estudo

A Análise de Ciclo de Vida pode ser empregada para o estudo de impactos ambientais de produtos e processos, adaptando a ferramenta às necessidades dos estudos. Dessa forma, as etapas podem variar dependendo do material e do escopo, sendo possível a inclusão de novas etapas conforme a necessidade de detalhamento. Da mesma forma, as análises podem focar em partes do ciclo de vida, considerando apenas etapas específicas, como construção e uso (H. Wang *et al.*, 2019).

Por concepção, no caso de projeto de rodovias, particularmente de pavimentação, um estudo de ACV pode incluir detalhadamente todas as etapas do pavimento, indo da extração de materiais até a demolição ou reciclagem da estrutura. Entretanto, em muitos casos, as limitações de dados e recursos impossibilitam esse rigor para analisar algumas estruturas, incluindo os pavimentos. Nesses, a definição de ACV, levada ao seu extremo rigor, não é possível de ser seguida, obrigando a relevar processos com o mínimo impacto no ciclo de vida e priorizando as maiores contribuições; ou seja, levando à estudos com simplificações de escopo, porém com objetivos alcançáveis (Santero *et al.*, 2011).

A ACV pode ser usada para determinar e minimizar o uso de recursos e o consumo energético, resultando na redução de emissões ao meio ambiente pelo melhor entendimento dos sistemas e suas inter-relações. A ACV também pode propor e analisar alternativas diferentes para cada etapa específica do ciclo (Butt *et al.*, 2015).

Apesar da definição das etapas estudadas produzirem impactos relevantes nos resultados finais, não há um consenso definido na literatura para estudos de ACV de pavimentos, o que leva a uma grande quantidade de artigos que não abordam todas as etapas. A etapa mais frequente em artigos é a produção ou extração de materiais, enquanto o uso e o fim de ciclo, também tratado como reciclagem ou reconstrução, são as etapas menos bordadas e analisadas (Inyim *et al.*, 2016).

O projeto de pavimentos também pode ser considerado como uma etapa do ciclo de vida, prevista entre a produção de materiais e a construção do pavimento. O estudo deve abranger não só as emissões de forma pura, sendo necessário analisar os impactos por elas provocados através de indicadores pertinentes aos problemas (Inti *et al.*, 2016).

A etapa de congestionamento pode ser considerada à parte da etapa de uso, levando em consideração a operação da rodovia por meio de modelos matemáticos (Chen *et al.*, 2016). A incorporação de etapas pode ser feita conforme a necessidade de detalhamento, sempre atendendo ao escopo do estudo.

A Tabela 3 apresenta as fases consideradas em pesquisas publicadas que analisaram o ciclo de vida de pavimentos. Como é possível observar, as fases mais frequentes encontradas em pesquisas publicadas são: extração e produção de materiais, construção e manutenção do pavimento.

Tabela 3: Fases utilizadas em pesquisas de Análise de Ciclo de Vida

Primeiro Autor	Ano	Dimensionamento / projeto	Extração de Materiais	Produção de Materiais	Transporte	Construção	Uso	Manutenção	Fim de ciclo
Araújo, J. P. C.	2014		x	x		x	x	x	x
Aurangzeb, Q.	2014		x	x		x		x	
Batouli, M.	2017		x	x		x	x	x	
Bressi, S.	2019		x	x	x	x			
Butt, A. A.	2015		x	x	x	x		x	x
Celauro, C.	2016		x	x		x		x	
Chen, F.,	2016		x	x		x	x		x
Chiu, C.	2008		x	x				x	
Facanha, C	2007		x	x		x	x	x	x
Farina, A.	2017		x	x	x	x		x	
Giani, M. I.	2015		x	x	x	x	x	x	x
Gulotta, T. M.	2019		x	x	x	x		x	x
Häkkinen, T	1996		x	x		x	x	x	
Hasan, U.	2020		x	x	x	x		x	x
Horvath, A	1998		x	x		x			x
Inti, S.	2016	x	x	x		x			
Liu, X	2014		x	x		x	x	x	x
Loijos, A.	2005		x	x		x	x	x	x
Nisbet, M	2007		x	x		x		x	x
Mroueh, U.	2000		x	x		x		x	
Park, K.	2003		x	x		x		x	x

Primeiro Autor	Ano	Dimensionamento / projeto	Extração de Materiais	Produção de Materiais	Transporte	Construção	Uso	Manutenção	Fim de ciclo
Santos, J.	2017		x	x	x		x	x	
Santos, J.	2014		x	x	x	x		x	x
Spielmann, S.	2005		x	x		x	x	x	
Stripple, H.	2001		x	x		x	x	x	
Thenoux, G.	2007		x	x		x		x	x
Treloar, G.	2004		x	x		x	x	x	
Wang, H.	2019		x	x		x	x		
Wang, T.	2012		x	x		x	x	x	x
Yu, B.	2012		x	x		x	x		x
Zapata, P.	2005		x	x		x			
Zhang, H	2010a		x	x		x	x	x	x
Zhang, H.	2010b		x	x		x	x	x	x
Total		1	33	33	8	31	17	26	18

3.2 Indicadores utilizados

A seleção de indicadores utilizados na análise proposta deve ser condizente com o escopo da pesquisa. Dessa forma, um número maior de indicadores não significa necessariamente em uma análise mais completa. Para esse fim, o ciclo de vida deve ser analisado sob a ótica de indicadores que quantifiquem aspectos diferentes.

Os resultados dos impactos ambientais mostram quais fases do ciclo de vida do pavimento são mais prejudiciais ao meio ambiente. Dessa forma, podem ser estabelecidas fases prioritárias do ciclo para o planejamento da obra e dimensionamento da estrutura de pavimentos, tendo em vista que produzirão resultados mais expressivos (Santos *et al.*, 2015).

A análise de impactos deve avaliar e classificar a significância das potenciais emissões ao meio ambiente de forma que as categorias utilizadas também sejam parte do escopo e objetivo da pesquisa, afetando outras fases da ACV. Podem ser utilizados diversos grupos para as análises de impactos ambientais, entretanto os impactos à saúde humana, à saúde ecológica e à depleção de recursos são as mais significantes. Dessa forma, há uma tendência da avaliação do consumo energético e da emissão de gases de efeito estufa em estudos de ACV de pavimentos (Inyim *et al.*, 2016).

Devido aos processos envolvidos para a produção e construção de revestimentos asfálticos, o uso de indicadores relacionados ao consumo energético e emissão de gases de efeito estufa deve ser incentivado. O aquecimento excessivo de agregados durante a usinagem da mistura asfáltica pode aumentar os impactos ambientais do material, de acordo com os indicadores utilizados (Aurangzeb *et al.*, 2014)

A ACV se mostra muito eficiente para identificar e quantificar os impactos ambientais na adoção de novos materiais empregados na construção de pavimentos. Também podem ser consideradas tecnologias novas, utilizando materiais conhecidos, como o processo de incorporação ou modificação do ligante por aditivos. Os estudos podem produzir diversos cenários para otimizar os processos (Bressi *et al.*, 2019)

A análise de impactos ambientais pode ser dividida em etapas menores: classificação, caracterização, normalização e balanceamento. Na primeira etapa, os resultados do inventário são designados a categorias de impactos relevantes. Como exemplo, pode-se citar a atribuição do dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e outras substâncias ao

grupo denominado pelo potencial de aquecimento global, do inglês Global Warming Potential (GWP). Por sua vez, o inventário classificado de acordo com cada impacto pode ser convertido em escala equivalente. Um exemplo dessa operação é a conversão de gases que contribuem para o aquecimento global (GWP) em dióxido de carbono equivalente (CO_2_{eq}) (Inti *et al.*, 2016).

A Tabela 4 apresenta os indicadores utilizados nas pesquisas publicadas sobre análise de ciclo de vida de pavimentos. Como é possível notar, há uma preocupação maior em relação aos indicadores de emissões atmosféricas e ao consumo energético.

Tabela 4: Indicadores utilizados em pesquisas de Análise de Ciclo de Vida

Primeiro Autor	Ano	Consumo Energético	SO2	NOx	Gases de Efeito Estufa	CO2	Potencial de Aquecimento Global	Formação de matéria particulada	Outros
Araújo, J. P. C.	2014	x	x	x			x		
Aurangzeb, Q.	2014	x			x				
Batouli, M.	2017						x		
Bressi, S.	2019							x	Mudança Climática; Depleção: fóssil, água e ozônio; Acidificação do solo; Eutrofização: marinha e água potável; Toxicidade humana; Ecotoxicidade: marinha, do solo e água potável.
Butt, A. A.	2015	x			x				
Celauro, C.	2016	x	x	x			x		PM10; Hg; Pb; Geração de resíduo perigoso; Potencial de Toxicidade Humana (Câncer) - HTPc; Potencial de Toxicidade Humana (não Câncer) - HTPnc
Chen, F.,	2016	x	x				x		PM10
Chiu, C	2007	x							Poluente orgânico aquático; Uso de recursos
Facanha, C	2007		x	x		x			PM10; CO
Farina, A.	2017	x					x		

Primeiro Autor	Ano	Consumo Energético	SO2	NOx	Gases de Efeito Estufa	CO2	Potencial de Aquecimento Global	Formação de matéria particulada	Outros
Giani, M. I.	2015							x	Mudança Climática; Depleção: fóssil, água; metal e ozônio; Acidificação do solo; Eutrofização marinha; Toxicidade Humana; Formação de oxidante fotoquímico; Radiação ionizante; Transformação da paisagem natural; Ocupação do solo: agrário e urbano; Ecotoxicidade: marinha; solo e água potável
Gulotta, T. M.	2019	x					x		Acidificação potencial; Eutrofização potencial; Potencial Oxidação Fotoquímica - POCP
Häkkinen, T	1996	x	x	x		x		x	Ocupação do solo; Compostos orgânicos voláteis; Hidrocarbonetos; Metais pesados; Sal; Barulho
Hasan, U.	2020						x	x	Potencial de Toxicidade Humana (Câncer) - HTPc; Potencial de Toxicidade Humana (não Câncer) - HTPnc; Depleção de ozônio; Acidificação do solo; Eutrofização: marinha e água potável; Radiação ionizante; Ecotoxicidade: água potável; marinha e do solo; Consumo d'água
Horvath, A	1998		x	x				x	H2SO4; Rejeito Perigoso
Inti, S.	2016		x	x		x	x		PM10; PM2,5; CH4; Compostos orgânicos voláteis
Liu, X	2014				x				

Primeiro Autor	Ano	Consumo Energético	SO2	NOx	Gases de Efeito Estufa	CO2	Potencial de Aquecimento Global	Formação de matéria particulada	Outros
Loijos, A	2005				x				
Mroueh et al.	2000	x	x	x		x		x	CO; Ocupação do solo; Compostos orgânicos voláteis; Barulho; Uso de recursos naturais; Efluentes ao solo: metais, Cl, CO4 e componentes orgânicos
Nisbet, M.	2007	x	x	x		x		x	CO; CH4
Park, K	2003	x	x	x		x			
Santos, J.	2017				x				
Santos, J.	2014				x				Demanda de energia acumulada; Acidificação do solo; Eutrofização do solo; Toxidade humana; Formação fotoquímica de ozônio
Spielmann, M	2004			x					Mudança Climática; Ocupação do solo; Hidrocarbonetos; Metais pesados; Poluente orgânico aquático
Stipple, H	2001		x	x		x			Uso de recursos naturais
Thenoux, G	2007	x							
Treloar, G. J.	2004	x							
Wang, H.	2019	x				x			CH4
Wang, T.	2012	x			x				
Yu, B.	2012	x	x	x	x				PM10; Compostos orgânicos voláteis

Primeiro Autor	Ano	Consumo Energético	SO2	NOx	Gases de Efeito Estufa	CO2	Potencial de Aquecimento Global	Formação de matéria particulada	Outros
Zapata, P	2005	x							
Zhang, H	2010a	x	x	x	x				PM2,5; CO; Compostos orgânicos voláteis; Poluente orgânico aquático; Hidrocarboneto não-metano; Amônia; Fosfato
Zhang, H	2010b	x			x				
	Total	20	13	13	10	8	7	6	

4 Referencial Teórico

Para a fase de coleta de dados, foram utilizadas as plataformas Web of Science e Scopus. As bases foram escolhidas por apresentarem grande quantidade de artigos publicados em periódicos.

A pesquisa foi feita utilizando as palavras chaves “LCA” (Life Cycle Analysis), “pavement” e “asphalt” em cada uma das plataformas. Foram encontrados 154 artigos na base Scopus e 114 na Web of Science, totalizando 268 artigos. A pesquisa levou em conta dados de entrada referentes aos artigos, como título, autor, data de publicação, periódico e palavras-chave.

A Figura 3 apresenta o processo da construção do banco de dados elaborado com os artigos encontrados. A primeira etapa consiste na busca por artigos científicos publicados em periódicos conceituados, disponíveis em bases confiáveis. A busca foi feita com palavras-chave relacionadas ao tema, porém sem restringir muito o tema para a obtenção de artigos que permitam traçar o panorama da área de pesquisa. Após o tratamento dos dados, as análises foram realizadas.

A união dos resultados encontrados nas bases de dados foi feita através software Mendeley, excluindo os resultados repetidos. Os dados provenientes de publicações em congressos, simpósios, conferências e capítulos de livros foram excluídos da amostra, pois fogem ao objetivo definido neste trabalho. Sendo assim, foram selecionados 153 artigos como banco de dados para as análises de publicações sobre o tema.

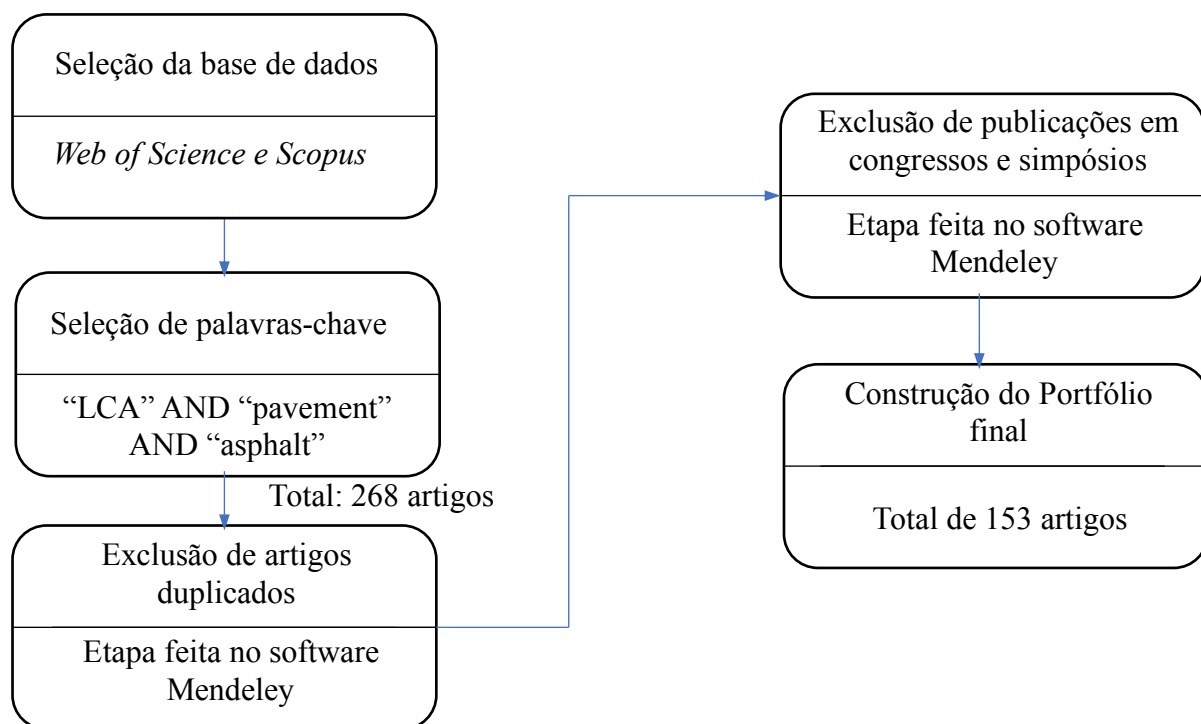


Figura 3: Fluxograma do processo de pesquisa de artigos
Fonte: Elaboração própria

4.1 Principais autores

A primeira análise do portfólio obtido se refere aos autores. Essa análise permite identificar a quantidade de pesquisadores envolvidos com o tema estudado, evidenciando a relevância do tema de acordo com os possíveis centros de pesquisa que utilizam a ACV para estudar as questões ambientais relacionadas aos pavimentos.

Os principais autores encontrados que publicaram sobre o tema abordado são apresentados na Figura 4 e na Tabela 5. A Figura 4 apresenta apenas os 15 autores que mais publicaram sobre o tema, dos 447 pesquisados. A Tabela 5 relaciona a quantidade de publicações com o número de autores, deixando evidente a frequência de publicação sobre o tema entre os pesquisadores encontrados.

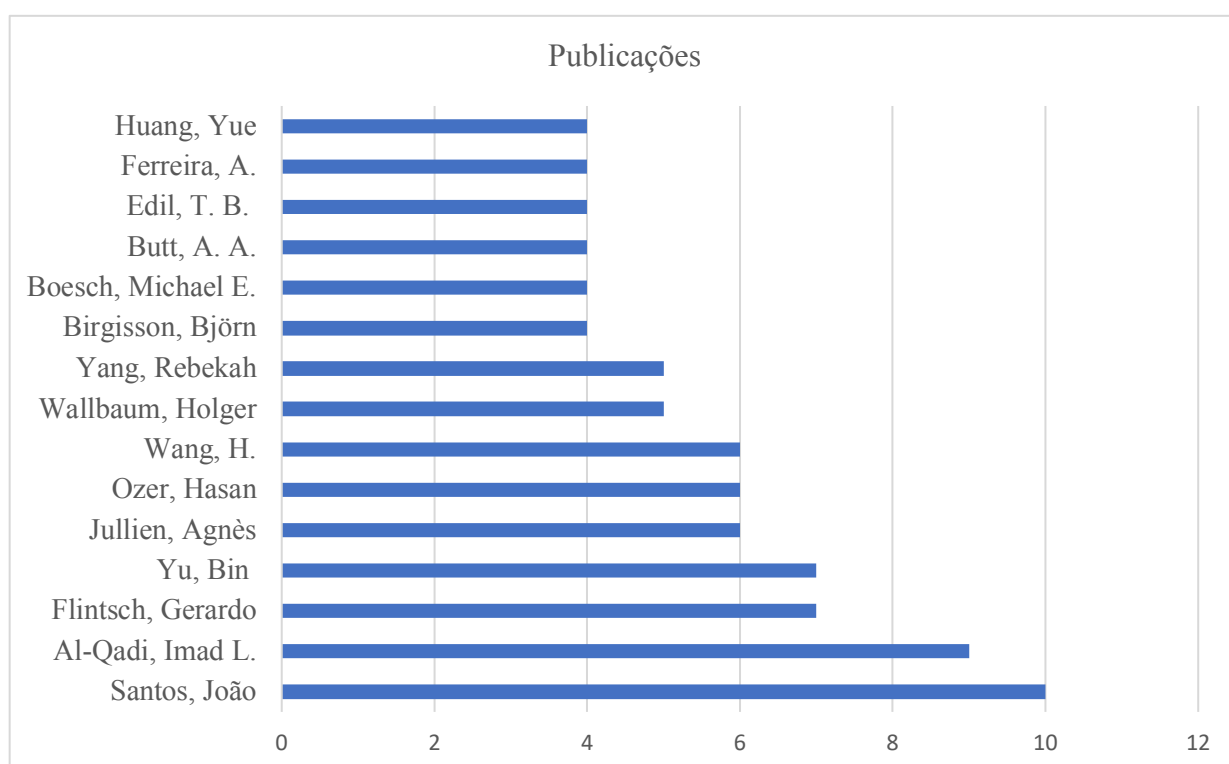


Figura 4: Número de publicações dos autores com maior número de artigos
Fonte: Elaboração própria

A Figura 4 faz um recorte da amostra total com os 5% dos autores com maior número de publicações. Com o gráfico elaborado, o pesquisador João Santos aparece como o único autor com 10 publicações, em seguida, apesar de menor número de publicações, mais autores são listados, chegando aos 5 últimos pesquisadores com 4 artigos.

A Tabela 5 apresenta a relação entre o número de artigos publicados pelos autores e a amostra total. Dos pesquisadores encontrados, apenas 3,4% possuem 4 ou mais publicações, indicando que o tema ainda está em desenvolvimento.

Tabela 5: Número de contribuições por autor

Número de Publicações	Número de Autores	% de autor
10	1	0,22%
9	1	0,22%
7	2	0,45%
6	3	0,67%
5	2	0,45%
4	6	1,34%
3	20	4,47%
2	45	10,07%
1	367	82,10%
Total	447	100,00%

Fonte: Elaboração própria

4.2 Principais Periódicos

Os periódicos das publicações encontradas foram levantados de forma que pudessem apresentar indicações sobre o foco abordado pelas pesquisas feitas sobre o tema. A Tabela 6 apresenta o nome do periódico e o número de artigos encontrados na busca. Com esses dados, também foi possível calcular a contribuição, em termos percentuais, do respectivo periódico em relação a amostra selecionada.

A Tabela 6 evidencia a tendência de publicação do tema em revistas relacionadas a estudos ambientais, considerando os dois primeiros periódicos e somando 29,6% das publicações levantadas. Além de apresentarem mais artigos, as revistas com foco ambiental geralmente possuem maior fator de impacto que as revistas focadas em pavimentação.

Tabela 6: Produtividade dos periódicos analisados

Periódico	Número de publicações	%	% acumulada	Fator de impacto
<i>Journal of Cleaner Production</i>	29	19,1%	19,1%	5,651
<i>Resources, Conservation and Recycling</i>	16	10,5%	29,6%	5,120
<i>Transportation Research Part D: Transport and Environment</i>	13	8,6%	38,2%	3,445
<i>Transportation Research Record</i>	12	7,9%	46,1%	0,695
<i>The International Journal of Life Cycle Assessment</i>	10	6,6%	52,6%	4,195
<i>International Journal of Pavement Engineering</i>	8	5,3%	57,9%	2,322
<i>Road Materials and Pavement Design</i>	5	3,3%	61,2%	2,199

Fonte: Elaboração própria

4.3 Evolução do número de artigos publicados ao longo dos anos

A Figura 5 ilustra o número de publicações encontradas por ano. Com esses dados, foi traçada uma média móvel como forma de minimizar as flutuações apresentadas a cada ano. O gráfico deixa evidente que há uma tendência de aumento das publicações sobre o tema com o passar dos anos.

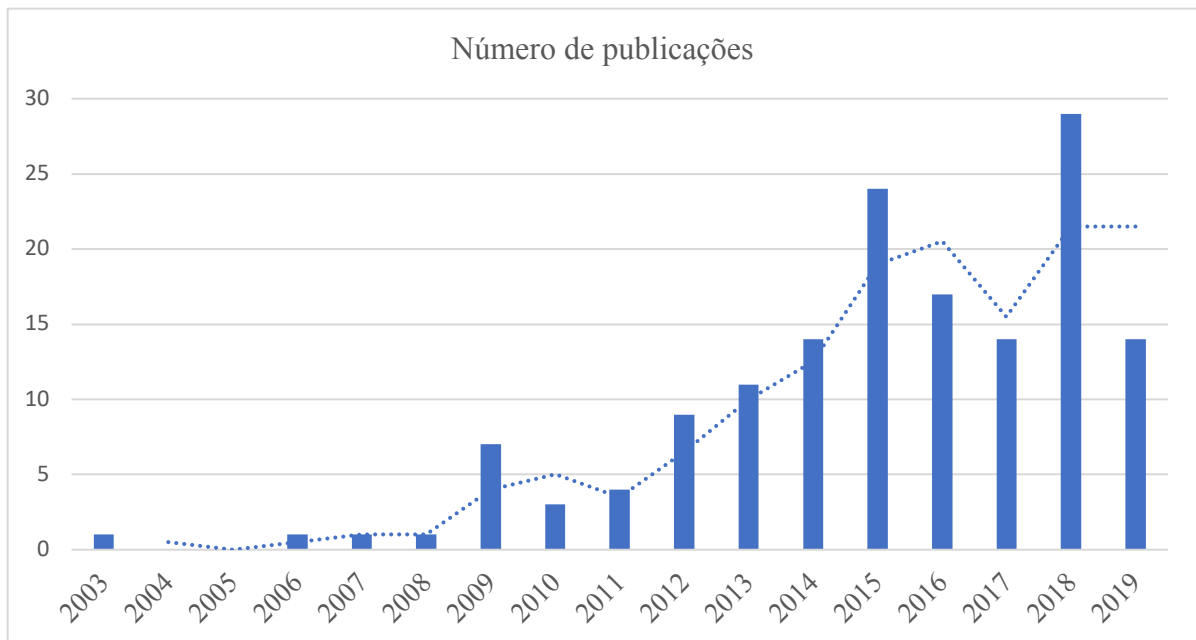


Figura 5: Número de publicações por ano
Fonte: Elaboração própria

4.4 Principais palavras-chave relacionadas ao tema

Foram levantadas as palavras-chave presentes nos artigos do banco de dados para estabelecer relações sobre o contexto em que a ACV de pavimentos estava sendo inserida nas publicações. O levantamento feito é apresentado na Tabela 7.

A análise dos resultados apresentados indica que há maior preocupação de analisar os impactos ambientais provocados pela utilização de materiais que podem substituir as misturas asfálticas convencionais em algumas situações, como é o caso do RAP, que recicla a mistura antiga; e das misturas mornas, muito utilizadas em reparos de pavimentos da malha urbana.

Outro fator importante é o aparecimento dos indicadores ambientais na lista de palavras-chave mais frequentes. Como relatado anteriormente, os indicadores mais utilizados em ACV de pavimentos consideram gases de efeito estufa, medidos em CO₂ eq, e a energia requerida.

Tabela 7: Frequência de palavras-chave

Palavra-chave	Frequência
<i>Life cycle assessment, LCA e Life cycle assessment (LCA)</i>	32
<i>Reclaimed asphalt pavement e Reclaimed asphalt pavement (RAP)</i>	7
<i>Warm mix asphalt</i>	5
<i>Pavement</i>	4
<i>Asphalt pavement</i>	3
<i>Energy consumption</i>	3
<i>Greenhouse gas</i>	3
<i>Hot mix asphalt</i>	3

Fonte: Elaboração própria

5 Materiais e métodos

A pesquisa desenvolvida busca estudar os impactos produzidos pelo controle tecnológico no ciclo de vida de um pavimento flexível. Nesse caso, há a premissa inicial de que a execução da camada de revestimento em condições não indicadas por projeto pode encurtar sua vida útil, e consequentemente, aumentar os impactos ambientais.

A quantificação das emissões provocadas pelos pavimentos devido ao controle tecnológico inadequado na execução deve ser baseada na vida útil da estrutura, obtida por programas de simulação. A pesquisa pode ser resumida em três etapas principais: (i) Dimensionamento empírico-mecanístico dos pavimentos; (ii) Análise dos impactos nas fases de exploração, produção de materiais, construção e manutenção; (iii) Avaliação integrada entre desempenhos mecânicos e ambientais.

5.1 Dimensionamento

A primeira fase é constituída pelo dimensionamento do pavimento a partir das propriedades e características obtidas no projeto do pavimento, em que foi adotada a mistura resultante do projeto de dosagem. Com base na determinação do tráfego e nas características dos materiais disponíveis, são definidas as espessuras de cada camada da estrutura dos pavimentos, usualmente divididas em revestimento, base e sub-base

As espessuras das camadas e os materiais constituintes são utilizadas para o cálculo das emissões na fase de construção. Esse processo busca simular a realidade apresentada em campo, onde existe um projeto que, originalmente, atende as especificações técnicas e normas, porém a execução apresenta falhas. Nos casos em que ocorrem falhas na execução, provavelmente, os pavimentos em questão apresentarão defeitos precocemente.

5.1.1 Software MeDiNa

O software MeDiNa (v1.1.5.0, dezembro/2020, Brasil) pode ser utilizado para simular a interação entre a estrutura do pavimento e o tráfego ao longo dos anos. O software, por meio de um método mecanístico-empírico, realiza a verificação do dimensionamento de estruturas de pavimentos, através de análise elástica de múltiplas camadas (AEMC). Atualmente há indicação de que o Método de Dimensionamento Nacional (MeDiNa) substituirá método empírico atualmente vigente no DNIT, evidenciando a tendência de utilização do software em obras rodoviárias nos próximos anos.

O programa foi desenvolvido utilizando as mesmas hipóteses para a solução de problemas de elasticidade linear em sistemas de multicamadas e contínuos (Franco e Motta, 2020):

- os materiais são elásticos lineares, isotrópicos e homogêneos (a modelagem elástica não linear é feita por iterações elásticas lineares);
- a lei de Hooke é válida e o módulo de compressão é semelhante ao módulo de tração;
- as camadas são ilimitadas na direção horizontal;
- todas as camadas possuem uma espessura finita, à exceção da camada inferior que é considerada semi-infinita;
- a superfície da camada superior não está sujeita a tensões fora da área carregada;
- na área carregada ocorrem apenas tensões normais;
- a carga aplicada é considerada estática, uniformemente distribuída em toda a área circular de contato;
- a grandes profundidades as tensões e deformações são nulas;
- as condições de aderência na interface das camadas podem variar de totalmente aderida para lisa ou sem aderência.

Diante do exposto, as análises feitas com o *software* MeDiNa dependem das propriedades específicas dos materiais de cada camada. Outro fator determinante para as análises é a solicitação do tráfego, representada pelo número N.

5.2 Definição de cenários

Os cenários foram construídos considerando a variação de temperatura e energia de compactação como variáveis que formam pares, em relação à mistura de controle. Esses pares são compostos pela combinação de valores de temperatura e níveis de energia de compactação, resultando em condições distintas.

Apesar da mesma composição dos materiais de todos os cenários, cada par foi tratado como uma mistura diferente. Esse tratamento se dá em função das propriedades resultantes das misturas após o processo de compactação.

A mistura de controle das análises foi produzida utilizando a temperatura e energia de compactação definidas pelo projeto de dosagem da mistura asfáltica. Dessa forma, é possível estabelecer um parâmetro de comparação com os resultados e características das misturas executadas fora da especificação.

As quantidades de gases e energia, resultantes da construção da estrutura após o dimensionamento, são obtidas para cada cenário de estudo após a substituição da camada de revestimento pelas misturas de estudo. Após o cálculo das emissões até a fase de construção, pode ser realizada a avaliação do desempenho mecânico e estimativa da vida útil do pavimento de cada cenário por meio de softwares de análise de pavimentos. Essa etapa permite avaliar a necessidade de intervenções no pavimento diante da verificação e comparação com a vida útil estipulada no início do projeto.

Quando isso acontece, a etapa de manutenção produz novas emissões pelos serviços executados e pela substituição de materiais existentes na estrutura do pavimento. O cálculo dessas emissões pode ser feito de forma análoga ao cálculo realizado após o dimensionamento do pavimento, levando em consideração as espessuras das novas camadas.

Os volumes necessários para a construção da estrutura do pavimento podem ser obtidos de acordo com a espessura da camada e a especificação do material projetado. Essas informações formam a base do cálculo de insumos que compõem cada elemento da estrutura.

Vale ressaltar que o consumo energético e a utilização de insumos calculados são considerados em três etapas do ciclo de vida dos pavimentos: (i) Exploração dos insumos naturais; (ii) usinagem e (iii) construção.

Após todas as simulações e levantamento de emissões ao longo do ciclo de vida, a análise pode proceder para uma etapa de síntese, considerando os indicadores e a vida útil do pavimento. Para verificar os danos ambientais provocados pelo pavimento, foram utilizados os valores de CO₂, CH₄, N₂O e GER (Energia bruta requerida), de acordo com o que foi sugerido pela revisão feita no estudo.

As emissões atmosféricas podem ainda ser agrupadas na forma de gases de efeito estufa, quantificados em forma de CO₂ equivalente. A Tabela 8 apresenta os coeficientes utilizados para as análises ambientais em termos de gases de efeito estufa (CO₂ eq).

Tabela 8: Contribuição relativa de cada substância para incremento de Gases de Efeito Estufa

Gases de Efeito Estufa			
Substância	Vida útil	Efeito cumulativo (20 anos)	Efeito cumulativo (100 anos)
CO ₂	indeterminado	1	1
CH ₄	12,4	84	28
N ₂ O	121,0	264	265
CF ₄	50.000,0	4880	6680

Fonte: adaptado de (IPCC, 2014)

A Figura 6 apresenta o fluxograma do processo realizado na pesquisa para a elaboração e análise dos cenários.



Figura 6: Fluxograma do procedimento metodológico
Fonte: Elaboração própria

5.3 Cálculo de emissões

De acordo com o método explicitado, o cálculos de emissões ao longo do ciclo de vida do pavimento pode ser realizado para cada etapa mencionada anteriormente. As quantidades de cada material dependem da composição utilizada de cada camada. O Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), disponibilizado pelo DNIT, oferece uma base detalhada dos materiais utilizados para a construção de rodovias.

As equações utilizadas para cada fase são apresentadas a seguir:

- Extração e produção de materiais

$$E_c = \sum Q_m \times E_m \times f_{ton} \times e \quad (1)$$

Sendo:

E_c – Emissões provenientes da extração e produção de materiais para a construção de uma camada;

Q_m – Quantidade do material utilizado na camada;

E_m – Emissões específicas do material utilizado na camada (kg/t ou MJ/t);

f_{ton} – Fator de conversão de Q_m para toneladas;

e – Espessura da camada.

- Fase de construção

$$E_e = C_e \times E_{comb.} \quad (2)$$

$$C_e = \sum C_c \times P \times U_o \times f_u \times f_{ton} \times e \quad (3)$$

Sendo:

E_e – Emissões provenientes da utilização dos equipamentos para a construção de uma camada;

C_e – Consumo do equipamento (l/m³)

$E_{comb.}$ – Emissões específicas do combustível (kg/l ou MJ/t);

C_c – Coeficiente de combustível (l/kWh);

P – Potência (kW);
 U_o – Utilização Operativa;
 f_u – Fator de usinagem;
 f_{ton} – Fator de conversão de Q_m para toneladas;
 e – Espessura da camada.

- Fase de manutenção

$$E_{manut.} = E_c + E_e \quad (4)$$

$$E_{manut.} = \left(\sum Q_m \times E_m \times f_{ton} \times e \right) + (E_{comb} \times \sum C_c \times P \times U_o \times f_u \times f_{ton} \times e) \quad (5)$$

Sendo:

E_{manut.} – Emissões provenientes da fase de manutenção;
 E_c – Emissões provenientes da extração e produção de materiais para a construção de uma camada;
 Q_m – Quantidade do material utilizado na camada;
 E_m – Emissões específicas do material utilizado na camada (kg/t ou MJ/t);
 f_{ton} – Fator de conversão de Q_m para toneladas;
 e – Espessura da camada;
 E_e – Emissões provenientes da utilização dos equipamentos para a construção de uma camada;
 C_e – Consumo do equipamento (l/m³)
 E_{comb.} – Emissões específicas do combustível (kg/l ou MJ/t);
 C_c – Coeficiente de combustível (l/kWh);
 P – Potência (kW);
 U_o – Utilização Operativa;
 f_u – Fator de usinagem;
 f_{ton} – Fator de conversão de Q_m para toneladas;

- Emissão total

$$Emiss\tilde{a}o\ total = (E_c + E_e) + E_{manut}. \quad (6)$$

Sendo:

E_{manut} – Emissões provenientes da fase de manutenção;

E_c – Emissões provenientes da extração e produção de materiais para a construção de uma camada;

E_e – Emissões provenientes da utilização dos equipamentos para a construção de uma camada;

6 Estudo de caso

O estudo de caso se concentra na premissa de que há ausência ou controle tecnológico inadequado durante a fase de construção, considerando que o projeto de dosagem da mistura utilizada esteja correto. Para fins de dimensionamento do pavimento, foi considerada uma mistura asfáltica de controle, de acordo com o procedimento detalhado no Capítulo Materiais e métodos.

6.1 Coleta de dados

A construção do estudo de caso foi realizada com base na pesquisa de Albuquerque (2005), que analisou a influência da energia e da temperatura de compactação nos parâmetros volumétricos e nas propriedades mecânicas dos concretos asfálticos. A pesquisa mostra que os parâmetros volumétricos das misturas sofrem influência da temperatura e energia de compactação, porém as propriedades mecânicas são ainda mais suscetíveis à alteração dessas condições.

As misturas estudadas apresentaram variação do Grau de Compactação (GC), com redução suficiente para atender ao valor mínimo de 97% especificado por norma, exceto a mistura compactada com 30 golpes e temperatura de 90°C, com 96%. Quanto às propriedades mecânicas, houve variação de 76% para a resistência a tração e 118% para o módulo de resiliência.

A mistura de controle foi obtida através do projeto de dosagem feito pelo método Marshall, que resultou na mistura com o maior valor do módulo de resiliência. Essa foi a mistura considerada para o dimensionamento e como referência para as análises.

Após a dosagem, foram feitas variações de temperatura e energia de compactação para simular os efeitos do controle tecnológico inadequado durante a execução do pavimento. A definição dos cenários foi feita utilizando materiais de mesma origem em todas as misturas, de forma que as propriedades dos elementos que constituem as diferentes misturas fossem as mesmas.

6.2 Cenários de análise

Os cenários foram definidos a partir de três temperaturas (90°C, 140°C e 160°C) e três energias de compactação, medidas pelo número de golpes por face do corpo-de-prova (30, 60 e 90 golpes) provenientes do estudo de Albuquerque (2005), resultando em nove pares. A mistura de controle do estudo apresenta a temperatura de compactação de 140°C e a energia de compactação de 60 golpes por face como parâmetros de referência. A Tabela 9 apresenta os cenários utilizados nas análises

Tabela 9: Cenários utilizados no estudo de caso

Cenários	Energia de compactação	Temperatura	Espessura do revestimento (cm)
CBUQ_30golpes_90°C	30	90	10
CBUQ_30golpes_140°C	30	140	10
CBUQ_30golpes_160°C	30	160	10
CBUQ_60golpes_90°C	60	90	10
CBUQ_60golpes_140°C	60	140	10
CBUQ_60golpes_160°C	60	160	10
CBUQ_90golpes_90°C	90	90	10
CBUQ_90golpes_140°C	90	140	10
CBUQ_90golpes_160°C	90	160	10

Fonte: Elaboração própria

Os cenários definidos apresentam a variação de energia e temperatura entre os pares de forma que seja possível analisar todas as possibilidades que acontecem em campo durante a execução do revestimento asfáltico. A Tabela 10 apresenta os parâmetros volumétricos das misturas produzidas por Albuquerque (2005), enquanto a Tabela 11 resume as características mecânicas do cenários.

Tabela 10: Parâmetros volumétricos das misturas asfálticas

Energia de Compactação (Golpes)	Temperatura de Compactação (°C)	Densidade Aparente			% Vazios			Grau de Compactação (%)		
		Média	s	Coeficiente de Variação%	Média	s	Coeficiente de Variação%	Média (%)	s	Coeficiente de Variação%
30	90	2,331	0,015	0,64	6,236	0,600	9,63	97,1	0,622	0,64
	140	2,370	0,007	0,32	4,658	0,300	6,45	98,7	0,311	0,32
	160	2,376	0,005	0,22	4,422	0,209	4,72	99,0	0,216	0,22
60	90	2,360	0,013	0,54	5,065	0,511	10,09	98,3	0,529	0,54
	140	2,400	0,011	0,47	3,442	0,456	13,25	100,0	0,472	0,47
	160	2,407	0,006	0,26	3,180	0,256	8,05	100,3	0,265	0,26
90	90	2,364	0,013	0,56	4,899	0,531	10,83	98,5	0,550	0,56
	140	2,419	0,005	0,22	2,692	0,210	7,82	100,8	0,218	0,22
	160	2,427	0,006	0,26	2,355	0,250	10,61	101,1	0,259	0,26

Fonte: Adaptado de Albuquerque (2005)

Tabela 11: Características das misturas asfálticas utilizadas

Energia de Compactação (Golpes)	Temperatura de Compactação (°C)	Resistência a Tração (MPa)	Módulo de Resiliência		Curva de fadiga: $N_{fad} = K1 (1/\Delta\sigma)^{n1}$		
		RT (MPa)	MR (MPa)	s (MPa)	K1	n1	R1^2
30	90	0,76	2817	203	675,5	2,34	0,99
	140	1,03	4647	295	1490,3	2,23	0,99
	160	1,06	4664	287	1471,4	2,36	0,97
60	90	1,10	5021	727	1023,4	2,09	0,99
	140	1,34	6129	250	2800	2,55	0,99
	160	1,29	5222	209	2641,6	2,58	0,99
90	90	0,91	4391	243	1158,3	2,25	0,97
	140	1,29	5140	378	3110,3	2,68	0,99
	160	1,28	5442	991	3368,1	2,82	0,99

Fonte: Adaptado de Albuquerque (2005)

O software MeDiNa (v1.1.5.0, dezembro/2020, Brasil) foi utilizado para o dimensionamento do pavimento estudado. Apesar da recomendação do manual de pavimentação (DNIT, 2006), a espessura de 7,5 cm não foi suficiente para o tráfego, o que levou ao aumento da espessura dessa camada para 10,0 cm. A mistura padrão, compactada a 140°C e com 60 golpes por face, foi utilizada como o material do revestimento. Os materiais de base e sub-base empregados estão contidos no banco de dados original do software. O dimensionamento foi realizado utilizando o tráfego e as propriedades dos materiais como *inputs*.

O tráfego é usualmente definido em termos de repetições de um eixo padrão de 8,2 tf. Para o dimensionamento foi utilizado o valor de $N = 5,0 \times 10^6$. Como unidade funcional das análises ambientais, foi considerada a construção, por metro linear, da seção de uma rodovia com duas faixas de rolamento de 3,6 metros cada e sem acostamento, totalizando 7,2 metros. Dessa forma, a estrutura da ACV pode ser resumida como:

- Limites do sistema analisado: Estrutura do pavimento composta por base e sub-base granulares e revestimento de mistura asfáltica. Uma faixa de rolamento, de 3,6 metros, em cada sentido sem acostamentos;
- Inventário: Banco de dados Ecoinvent[®], através do software SimaPro[®];
- Análise de resultados: $tCO_{2eq}/m/Número\ N$.

A Tabela 12 apresenta o resumo das propriedades dos materiais inseridas no software.

Tabela 12: Estrutura do pavimento (dimensionamento)

Camada	Material	Espessura (cm)	Massa Específica (g/cm ³)	Módulo de Resiliência (Mpa)
Revestimento	CBUQ	10	2,4	6129
Base	BGS	15	2,223	381
Sub-base	Solo laterítico areno-argiloso	15	1,800	265

Fonte: Elaboração própria

A Figura 7 apresenta o resultado do dimensionamento realizado com o software MeDiNa.

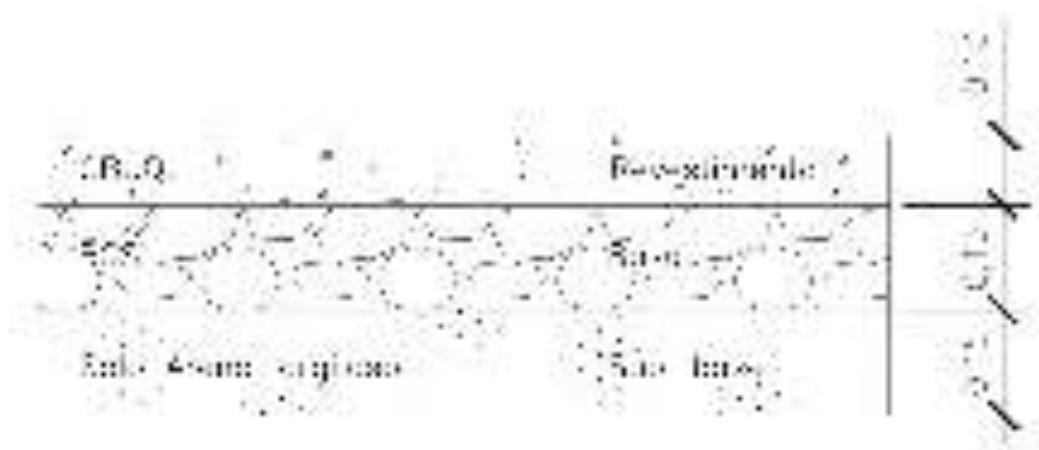


Figura 7: Estrutura do pavimento
Fonte: Elaboração própria

A partir do dimensionamento, a camada de revestimento foi substituída pelas misturas dos cenários elaborados. A troca dos materiais do revestimento permite estimar a vida útil do pavimento que foi dimensionado com os parâmetros de projeto, porém foi executado sem o controle tecnológico necessário.

A Tabela 13 apresenta a estimativa da vida útil dos pavimentos em termos de Número N. O fim da vida útil do pavimento, do ponto de vista estrutural, foi definido a partir do parâmetro de área trincada como 30%. Dessa forma, fica evidente quais cenários não atingem a durabilidade necessária para atendimento do projeto.

Tabela 13: Vida útil dos cenários após dimensionamento

Cenários	Energia de compactação	Temperatura	Vida útil (Número N)
CBUQ_30golpes_90°C	30	90	4,56E+06
CBUQ_30golpes_140°C	30	140	5,53E+06
CBUQ_30golpes_160°C	30	160	4,94E+06
CBUQ_60golpes_90°C	60	90	3,65E+09
CBUQ_60golpes_140°C	60	140	5,15E+06
CBUQ_60golpes_160°C	60	160	5,27E+06
CBUQ_90golpes_90°C	90	90	4,99E+06
CBUQ_90golpes_140°C	90	140	5,41E+06
CBUQ_90golpes_160°C	90	160	4,91E+06

Fonte: Elaboração própria

A análise da Tabela 13 indica que quatro cenários têm durabilidade inadequada para o estudo de caso, necessitando de alguma intervenção ao longo da vida útil. Os cálculos

dos impactos provocados nesses cenários até fase de construção podem ser conduzidos normalmente, com a ressalva de que futuramente haverá uma modificação em alguma parte da estrutura.

Outro aspecto importante é a vida útil encontrada para o cenário CBUQ_60golpes_90°. O resultado da análise indica que foi encontrado um *outlier*, provavelmente proveniente dos dados encontrados em Albuquerque (2005). A análise não pôde continuar devido a limitações do software, com indicação de que o pavimento estava longe do fim da vida útil. Dessa forma, esse cenário não será considerado nas discussões de resultados.

Os impactos ambientais foram calculados a partir das equações apresentadas e do software Simapro® e do banco de dados Ecoinvent®, além dos trabalhos de Stripple (2001) e Nascimento *et al.* (2020). A Tabela 14 apresenta o resumo das emissões de gases de efeito estufa levantados e do consumo de energia relacionados à produção dos materiais utilizados na construção dos pavimentos.

Tabela 14: Emissões de gases de efeito estufa e quantidade de energia relacionadas à produção dos insumos

Insumo	QE (MJ/t)	CO ₂ (t/t)	N ₂ O (kg/t)	CH ₄ (kg/t)
Óleo combustível 1A	0,1	4,31E+02	9,35E-03	1,57E+00
Cimento asfáltico	682	3,99E+02	2,73E-03	1,71E-01
Cimento Portland CP II - 32 a granel	5161	9,04E+02	5,23E-03	6,75E-01
Areia média	96	1,13E+01	3,31E-04	1,46E-02
Cal hidratada	5161	9,53E+02	7,01E-03	2,73E-01
Brita	96	1,69E+01	5,25E-04	3,05E-02
Consumo de Óleo Diesel	42087	4,95E+02	9,34E-03	1,59E+00

Fonte: Nascimento et al. (2020)

Com os dados da Tabela 14 e as composições dos materiais utilizadas em cada camada, verificadas na base de dados SICRO (DNIT, 2021), foram obtidos os resultados da fase de extração e produção de materiais e construção do pavimento. As TabelasTabela 16,Tabela 17, Tabela 18, Tabela 19 eTabela 20 apresentam as composições obtidas no SICRO para os cálculos realizados.

O consumo de óleo diesel foi feito a partir das informações encontradas nas composições e no coeficiente de combustível apresentado no Volume 03 do Manual de custos de infraestrutura de transportes (DNIT, 2017).

Tabela 15: Coeficiente de combustível de equipamentos – construção

Equipamento	Coeficiente de combustível (l/kWh)	Tipo de combustível
Aquecedor de fluido térmico - 12 kW	0,34	Diesel
Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	0,18	Diesel
Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m ³ - 106 kW	0,18	Diesel
Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m ³ - 213 kW	0,18	Diesel
Distribuidor de agregados autopropelido - 130 kW	0,18	Diesel
Grupo gerador - 100/110 kVA	0,18	Diesel
Grupo gerador - 456 kVA	0,18	Diesel
Motoniveladora - 93 kW	0,18	Diesel
Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	0,18	Diesel
Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW	0,18	Diesel
Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l	-	-
Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW	-	Elétrico
Usina misturadora de solos com capacidade de 300 t/h	-	Elétrico
Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW	0,18	Diesel

Fonte: Adaptado de DNIT (2017)

Tabela 16: Composição da construção da sub-base

CGCIT				DNIT			
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Rio de Janeiro		FIC 8.02382			
Custo Unitário de Referência		Outubro/2019		Produção da equipe 216,28000 m³			
4011227 Sub-base de solo estabilizada gradacionado com mistura com material de jazida				Valores em reais (R\$)			
A - EQUIPAMENTOS	Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total	
		Operativa	Improdutiva	Produtiva	Improdutiva		
38011 Caminhão tanque com capacidade de 15.000 l - 180 CV	1,00000	0,00	0,00	181,8180	87,3747	273,8337	
38018 Obede de 10 eixos retrolavador de 24"	1,00000	0,00	0,00	1,2428	1,8077	1,9089	
38034 Motorvelatório - 80 CV	1,00000	0,00	0,00	91,0507	71,4051	98,5006	
38102 Ponto compactador de pneus autopropeleto de 27 l - 80 CV	1,00000	0,00	0,00	117,3870	88,4949	102,7008	
38085 Ponto compactador p4 de pneus cilíndrico autopropeleto de 11,0 l - 80 CV	1,00000	1,00	0,00	111,1456	87,3748	133,1408	
38111 Trator agrícola - 77 CV	1,00000	0,00	0,00	126,0423	38,9014	88,3444	
				Custos horários totais de equipamentos		557,6872	
B - MÃO DE OBRA	Quantidade	Unidades		Custo Horário		Custo Horário Total	
38034 Servente	1,00000	h		30,0342		30,0342	
				Custos horários totais de mão de obra		30,0342	
				Custos horários totais de execução		878,8812	
				Custo unitário de execução		5,7847	
				Custo de IMC		0,0004	
				Custo de FET		-	
C - MATERIAL	Quantidade	Unidades		Preço Unitário		Custo Unitário	
				Custo unitário total de material			
D - ATIVIDADES AUXILIARES	Quantidade	Unidades		Custo Unitário		Custo Unitário	
381005 Execução e carga de material de jazida com encrocadeira rotativa	1,00000	m³		1,0000		1,0000	
				Custo total de atividades auxiliares		1,0000	
				Subtotal		4,8857	
E - TEMPO FIXO	Código	Quantidade	Unidades	Custo Unitário		Custo Unitário	
381005 Execução e carga de material de jazida com encrocadeira rotativa - Caminhão basculante 10 m³	381005	2,00280	h	0,8802		1,7618	
				Custo unitário total de tempo fixo		1,0418	
F - MOMENTO DE TRANSPORTE	Quantidade	Unidades		DNIT			Custo Unitário
				LA	BP	P	
381005 Execução e carga de material de jazida com encrocadeira rotativa - Caminhão basculante 10 m³	2,00280	km		801188	857225	881288	
				Custo unitário total de transporte			
				Custo unitário direto total			9,98

Fonte: DNIT(2021)

Tabela 17: Composição da usinagem da BGS

GG-GT

ANEXOS

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAS DE OBRAS - SIORD

100 de Janeiro

10 de Maio 2018

Projeção de preço: 112,10038 m³

Custo Unitário de Referência

CARGO: Trabalhador de obra especializado em obra com o salário de 100,00

16,0000 m³/m² (SI)

A. FUNDAMENTOS		Custo Médio		1.000kg/m³		D. de Produção		Custo
								M²/m²
10000 - Trabalho de preparação de terreno para construção de obra com o salário de 100,00		10000		100		10000		10000
10000 - Trabalho de preparação de terreno para construção de obra com o salário de 100,00		10000		100		10000		10000
10000 - Trabalho de preparação de terreno para construção de obra com o salário de 100,00		10000		100		10000		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
								10000
B. ALÍQUOTA DE 10%		1000000		10000		Custo Médio		1000000
Carga - Trabalho		10000		100		10000		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
								10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000
						D. de Produção: total de equipamentos		10000

Fonte: DNIT(2021)

Tabela 18: Composição da construção da BGS

[illegible]

Fonte: DNIT(2021)

Tabela 19: Composição da construção de revestimento asfáltico

COCIT		DNIT				
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Estado: Janeiro	FIC 000002			
Custo Unitário de Referência		Unidade: R\$100	Preço médio regional: R\$ 0,0000			
4311000 - Construção de Edifícios - Extra - Construção de Edifícios		Materiais: R\$ 0,0000				
A. OBRAS DE CONSTRUÇÃO	Quantidade	Valor Total		Valor Total		Valor Total
		Operativa	Improdutiva	Operativa	Improdutiva	
4311000 - Construção de Edifícios - Extra - Construção de Edifícios	1,00000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4311000 - Construção de Edifícios - Extra - Construção de Edifícios	1,00000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4311000 - Construção de Edifícios - Extra - Construção de Edifícios	1,00000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				CUSTO TOTAL DE OBRAS DE CONSTRUÇÃO		0,00
B. OBRAS DE REFORMA	Quantidade	Valor Total	Valor Total		Valor Total	
4311000 - Reforma	1,00000	0,00	0,00		0,00	
				CUSTO TOTAL DE OBRAS DE REFORMA		0,00
				CUSTO TOTAL DE OBRAS DE REFORMA		0,00
				CUSTO TOTAL DE OBRAS DE REFORMA		0,00
C. OBRAS DE MANUTENÇÃO	Quantidade	Valor Total	Valor Total		Valor Total	
4311000 - Manutenção	1,00000	0,00	0,00		0,00	
				CUSTO TOTAL DE OBRAS DE MANUTENÇÃO		0,00
D. OBRAS DE RECONSTRUÇÃO	Quantidade	Valor Total	Valor Total		Valor Total	
4311000 - Reconstrução	1,00000	0,00	0,00		0,00	
				CUSTO TOTAL DE OBRAS DE RECONSTRUÇÃO		0,00
				CUSTO TOTAL DE OBRAS DE RECONSTRUÇÃO		0,00
E. OBRAS DE RECONSTRUÇÃO	Quantidade	Valor Total	Valor Total		Valor Total	
4311000 - Reconstrução	1,00000	0,00	0,00		0,00	
				CUSTO TOTAL DE OBRAS DE RECONSTRUÇÃO		0,00
				CUSTO TOTAL DE OBRAS DE RECONSTRUÇÃO		0,00
F. OBRAS DE RECONSTRUÇÃO	Quantidade	Valor Total	Valor Total		Valor Total	
4311000 - Reconstrução	1,00000	0,00	0,00		0,00	
				CUSTO TOTAL DE OBRAS DE RECONSTRUÇÃO		0,00
				CUSTO TOTAL DE OBRAS DE RECONSTRUÇÃO		0,00

Fonte: DNIT(2021)

P. SAMPULU SP. TERANG BERTU		Garis-garis	E. (mm)	DARI			Dua ke Mula ke
				L.	P.P.	P.	
10000	Sp. 10000 (10000) (10000) (10000)	10000	10000	10000	10000	10000	
10000	Sp. 10000 (10000) (10000) (10000)	10000	10000	10000	10000	10000	
10000	Sp. 10000 (10000) (10000) (10000)	10000	10000	10000	10000	10000	
10000	Sp. 10000 (10000) (10000) (10000)	10000	10000	10000	10000	10000	
10000	Sp. 10000 (10000) (10000) (10000)	10000	10000	10000	10000	10000	
Dua ke Mula ke							10000

Fonte: DNIT(2021)

Após os cálculos das emissões provocadas até a etapa de construção, foram analisados os cenários com vida útil menor que $N = 5,0 \times 10^6$. Dessa forma, os cenários que atingiram 30% de área trincada necessitam manutenção, que foram estipuladas para acontecerem logo após a construção.

A otimização da técnica de manutenção foge ao escopo do projeto, de forma que foi definida apenas um tipo de intervenção para todos os cenários. A definição do tempo de projeto mais econômico para a reabilitação do pavimento, seja por economia operacional ou de insumos, não foram estudadas na pesquisa.

A análise da vida útil após a manutenção dos cenários também foi feita pelo software MeDiNA (v1.1.5.0, dezembro/2020, Brasil). A intervenção foi feita de modo que atingisse o critério de durabilidade estipulado no início do projeto, ou seja, $N = 5,0 \times 10^6$.

Diante do exposto, foi proposta a solução de reforço, com fresagem de 7 cm da camada de revestimento e recomposição de 10 cm. A mistura padrão, compactada a 140°C e com 60 golpes por face, foi utilizada como material de recomposição da modelagem de análise.

A Tabela 21 apresenta a vida útil dos cenários de estudo resultantes das análises após as manutenções propostas

Tabela 21: Vida útil dos cenários após a manutenção

Cenário	Energia de compactação	Temperatura de compactação	Vida útil (Número N)
CBUQ_30golpes_90°C	30	90	5,08E+06
CBUQ_30golpes_140°C	30	140	5,53E+06
CBUQ_30golpes_160°C	30	160	5,11E+06
CBUQ_60golpes_90°C	60	90	3,65E+09
CBUQ_60golpes_140°C	60	140	5,15E+06
CBUQ_60golpes_160°C	60	160	5,27E+06
CBUQ_90golpes_90°C	90	90	5,10E+06
CBUQ_90golpes_140°C	90	140	5,41E+06
CBUQ_90golpes_160°C	90	160	5,12E+06

Fonte: Elaboração própria

O cálculo das emissões da etapa de manutenção é feito de forma análoga ao cálculo feito após a construção. Por se tratar da manutenção da estrutura depois de construída, o

cálculo prévio da construção permanece o mesmo, e é acrescida a parcela referente da nova etapa.

Como as camadas de base e sub-base continuam inalteradas, as composições utilizadas envolvem apenas a camada do revestimento. A Tabela 23 apresenta a composição do serviço de fresagem. Os demais serviços foram os mesmos utilizados na etapa de construção.

O consumo de óleo diesel, apresentado na Tabela 22, foi feito a partir das informações encontradas nas composições e no coeficiente de combustível apresentado no Volume 03 do Manual de custos de infraestrutura de transportes (DNIT, 2017).

Tabela 22: Coeficiente de combustível - manutenção

Equipamento	Coeficiente combustível (l/kWh)	Tipo de combustível
Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW	0,18	Diesel
Fresadora a frio - 410 kW	0,18	Diesel
Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,8 m - 42 kW	0,18	Diesel

Fonte: Adaptado de DNIT (2017)

Tabela 23: Composição da fresagem de revestimento asfáltico

CCG017		DNIT				
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SISCO		Preço Unitário de Referência				
Custo Unitário de Referência		Preço Unitário de Referência				
CCG017 - Fresagem de revestimento asfáltico de 10 cm de espessura		Módulo de Referência (M2)				
A. MATERIAIS		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
B. MANO DE OBRA		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
C. MATERIAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
D. ATENDIMENTO TÉCNICO		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
E. TRANSPORTE		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
F. MANUTENÇÃO DA CAPACIDADE		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
G. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
H. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
I. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
J. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
K. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
L. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
M. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
N. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
O. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
P. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
Q. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
R. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
S. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
T. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
U. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
V. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
W. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
X. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
Y. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total
Z. TOTAL		Quantidade		Valor Unitário		Valor Total

Fonte: DNIT (2021)

7 Discussão e resultados

Como detalhado no capítulo do Estudo de caso, o levantamento dos indicadores ambientais relativos a cada cenário foi feito após o dimensionamento e análise mecânica do pavimento como um todo. Esse processo permitiu não só o dimensionamento, como a verificação da durabilidade das estruturas.

Como é possível notar pela Tabela 13 e Tabela 21, os cenários possuem vida útil diferente entre si. Essa diferença se deve as características das misturas asfálticas, considerando que as camadas de base e sub-base são as mesmas.

Sendo assim, a comparação das emissões ambientais deve considerar os valores absolutos de cada cenário devido à variação da vida útil. As análises podem ser feitas com a divisão do indicador pela vida útil. Essa razão pode ser interpretada como a quantidade de emissão a cada solicitação do eixo-padrão.

As análises foram separadas em dois momentos: antes e depois da etapa de manutenção. Dessa forma é possível detalhar os efeitos provocados pela necessidade de manutenção do pavimento.

7.1 Fase de construção

A Tabela 24 apresenta os resultados separados por cada cenário das fases de extração e produção de materiais e construção. As duas últimas colunas apresentam a relação entre os indicadores ambientais e a vida útil (VU). O cenário CBUQ_60golpes_90° foi retirado da análise por ser um *outlier*.

Tabela 24: Emissões por cenário - construção

Cenário	Vida útil (N)	CO ₂ eq (t)	Energia (MJ)	CO ₂ eq/VU	Energia/VU
CBUQ_30golpes_90°C	4,56E+06	185,48	1031,42	4,07E-05	2,26E-04
CBUQ_30golpes_140°C	5,53E+06	187,88	1041,96	3,40E-05	1,88E-04
CBUQ_30golpes_160°C	4,94E+06	188,25	1043,58	3,81E-05	2,11E-04
CBUQ_60golpes_140°C	5,15E+06	189,73	1050,07	3,68E-05	2,04E-04
CBUQ_60golpes_160°C	5,27E+06	190,16	1051,96	3,61E-05	2,00E-04
CBUQ_90golpes_90°C	4,99E+06	187,51	1040,34	3,76E-05	2,08E-04
CBUQ_90golpes_140°C	5,41E+06	205,36	1140,09	3,80E-05	2,11E-04
CBUQ_90golpes_160°C	4,91E+06	205,90	1142,54	4,19E-05	2,33E-04

Fonte: Elaboração própria

O cenário CBUQ_30golpes_140°C apresenta a menor relação CO₂ eq/VU, o que significa que há menor emissão de gases de efeito estufa ao longo de sua vida útil em relação aos outros cenários. Esse cenário produz 7,78% a menos CO₂ eq/VU, que a mistura padrão, apesar de ser compactada com energia fora da especificação. A redução das emissões está relacionada com a redução da densidade e aumento do volume de vazios, apresentados na Tabela 10, necessitando de menos material para a construção da mesma espessura da camada. Apesar da redução dos valores de módulo de resiliência e resistência à tração da mistura, mostrados na Tabela 11, há atendimento do critério de durabilidade, de acordo com a simulação feita no software MeDiNa.

O cenário CBUQ_90golpes_160°C apresentou a pior relação CO₂ eq/VU entre os cenários analisados, com acréscimo de 13,83% em relação à mistura padrão. A compactação com energia e temperatura acima do recomendado resultou em uma mistura com densidade superior à da mistura padrão, ocasionando inclusive em perda da vida útil.

As afirmações feitas em relação CO₂ eq/VU também podem ser feitas sobre a relação Energia/VU. O cenário CBUQ_30golpes_140°C possui a menor relação Energia/VU, com redução de 7,59%; enquanto o cenário CBUQ_90golpes_160°C possui a maior relação entre os indicadores, com aumento de 14,12% em relação à mistura padrão.

A Tabela 25 apresenta a comparação entre os cenários do estudo de caso e a mistura padrão.

Tabela 25: Relação entre indicadores em relação à mistura padrão - construção

Cenário	% CO₂ eq/VU	% Energia/VU
CBUQ_30golpes_90°C	10,4%	10,9%
CBUQ_30golpes_140°C	-7,8%	-7,6%
CBUQ_30golpes_160°C	3,4%	3,6%
CBUQ_60golpes_140°C	0,0%	0,0%
CBUQ_60golpes_160°C	-2,1%	-2,1%
CBUQ_90golpes_90°C	2,0%	2,6%
CBUQ_90golpes_140°C	3,0%	3,4%
CBUQ_90golpes_160°C	13,8%	14,1%

Fonte: Elaboração própria

A Figura 8 apresenta o gráfico que evidencia a relação entre a emissão de CO₂ eq e a vida útil de cada cenário. O gráfico foi dividido em quatro áreas, que permite dividir os cenários em grupos.

A primeira divisão foi feita pela linha vertical que indica o limite do parâmetro de durabilidade. Os cenários à esquerda da linha feita em $N = 5,0 \times 10^6$ necessitam de manutenção.

A segunda divisão feita foi a reta que liga a origem do gráfico até o ponto da mistura padrão no gráfico. Essa linha representa o desempenho ambiental, em termos de emissão de CO₂ eq da mistura padrão, portanto as misturas que se encontram acima da reta produzem mais danos ambientais do que o cenário considerado ideal.

Até a fase de construção, nenhuma mistura com temperatura de compactação de 90°C tem desempenho ambiental melhor que a mistura padrão. Além disso, todas produziram cenários com vida útil menor que o mínimo. Esses fatores combinados indicam que a compactação em temperaturas mais baixas pode provocar prejuízos ambientais e redução da durabilidade.

O atendimento ao critério de durabilidade também foi verificado em todas as misturas com temperatura de compactação igual a 140°C, como especificado em projeto. Esse resultado reforça a importância do controle de temperatura de compactação durante a construção do revestimento.

Todos os cenários que utilizaram a energia de compactação de projeto, 60 golpes por face, produziram cenários com durabilidade superior ao mínimo esperado. Os cenários produzidos também possuem razão $\text{CO}_2 \text{ eq/VU}$ menores ou equivalentes à mistura padrão.

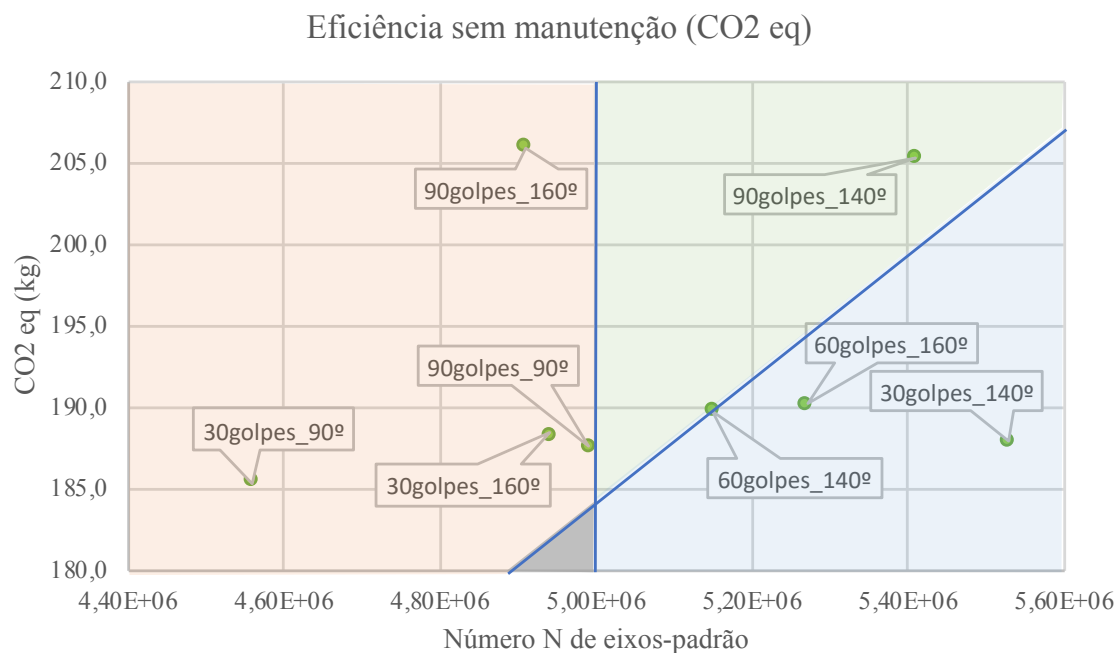


Figura 8: Eficiência dos cenários do estudo de caso ($\text{CO}_2 \text{ eq}$) - construção

Fonte: Elaboração própria

A Figura 9 apresenta a eficiência dos cenários de estudo considerando a energia requerida para a extração e produção dos materiais e construção do pavimento. O processo de análise do gráfico através da divisão em setores realizado na Figura 8 foi repetido na Figura 9. O panorama dos cenários encontrado em termos de $\text{CO}_2 \text{ eq/VU}$ pode ser estendido para o gráfico que relaciona a energia requerida com a vida útil do estudo de caso.

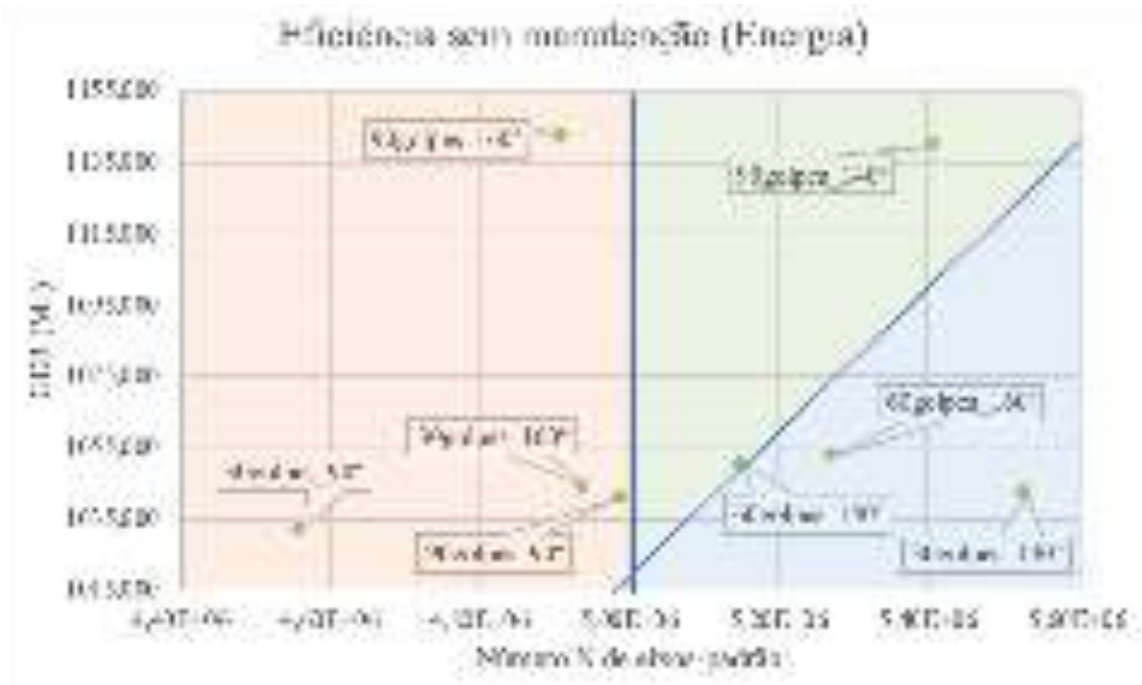


Figura 9: Eficiência dos cenários do estudo de caso (Energia) - construção

Fonte: Elaboração própria

7.2 Fase de manutenção

A Tabela 26 apresenta os indicadores ambientais calculados para cada cenário. Os resultados abordam as fases de extração e produção de materiais, construção do pavimento e manutenção, nos casos necessários. Similar à Tabela 24, as duas últimas colunas apresentam a relação entre os indicadores ambientais e a vida útil (VU). O cenário CBUQ_60golpes_90°C foi retirado da análise por ser um *outlier*.

Tabela 26: Emissões por cenário - construção e manutenção

Cenário	Vida útil (N)	CO ₂ eq (t)	Energia (MJ)	CO ₂ eq/VU	Energia/VU
CBUQ_30golpes_90°C	5,08E+06	334,18	1774,73	6,58E-05	3,49E-04
CBUQ_30golpes_140°C	5,53E+06	187,88	1041,96	3,40E-05	1,88E-04
CBUQ_30golpes_160°C	5,11E+06	336,89	1786,89	6,59E-05	3,50E-04
CBUQ_60golpes_140°C	5,15E+06	189,73	1050,07	3,68E-05	2,04E-04
CBUQ_60golpes_160°C	5,27E+06	190,16	1051,96	3,61E-05	2,00E-04
CBUQ_90golpes_90°C	5,10E+06	336,16	1783,65	6,59E-05	3,50E-04
CBUQ_90golpes_140°C	5,41E+06	205,36	1140,09	3,80E-05	2,11E-04
CBUQ_90golpes_160°C	5,12E+06	354,55	1885,84	6,92E-05	3,68E-04

Fonte: Elaboração própria

Após a etapa de manutenção, todos os cenários cumprem o critério da durabilidade mínima, definida como $N = 5,0 \times 10^6$. Como a mesma intervenção foi repetida para todos os cenários necessários, houve acréscimo de vida útil além do mínimo.

O cenário CBUQ_30golpes_140°C continua tendo as menores relações CO₂ eq/VU e Energia/VU. Os valores permanecem os mesmos pois não há necessidade de intervenção, considerando as análises feitas pelo *software* MeDiNa para o período de projeto.

O CBUQ_90golpes_160°C também apresenta a maior relação de CO₂ eq/VU e Energia/VU após a fase de manutenção. A manutenção simulada provocou aumento das emissões e impactos ambientais para que houvesse ganho de durabilidade, fazendo com que o desempenho do cenário, em termos ambientais, piorasse. A piora do desempenho passou de 13,83% e 14,12%, comparando as razões CO₂ eq/VU e Energia/VU com a mistura padrão, para 87,97% e 80,64%, respectivamente.

A Tabela 27 apresenta a comparação entre os cenários do estudo de caso e a mistura padrão.

Tabela 27: Relação entre indicadores em relação à mistura padrão - manutenção

Cenário	Vida útil (N)	CO₂ eq/VU (%)	Energia/VU (%)
CBUQ_30golpes_90°C	5,08E+06	78,5%	71,3%
CBUQ_30golpes_140°C	5,53E+06	-7,8%	-7,6%
CBUQ_30golpes_160°C	5,11E+06	79,0%	71,5%
CBUQ_60golpes_140°C	5,15E+06	0,0%	0,0%
CBUQ_60golpes_160°C	5,27E+06	-2,1%	-2,1%
CBUQ_90golpes_90°C	5,10E+06	78,9%	71,5%
CBUQ_90golpes_140°C	5,41E+06	3,0%	3,4%
CBUQ_90golpes_160°C	5,12E+06	88,0%	80,6%

Fonte: Elaboração própria

A Figura 10 apresenta o gráfico com a relação entre CO₂ eq emitido em cada cenário e a sua respectiva vida útil, em termos de número N, ao longo do ciclo de vida. O gráfico apresenta apenas a divisão em duas áreas considerando a mistura padrão como referência para o desempenho ambiental.

A modelagem da etapa de manutenção provocou aumento considerável nos cenários que não atendiam o critério mínimo de durabilidade da estrutura. Dessa forma, é possível notar que, após a manutenção exigida, há aumento expressivo das razões CO₂ eq/VU e Energia/VU em relação à mistura padrão.

Os cenários com temperatura de compactação diferente de 140°C apresentam, em sua maioria, piora na relação CO₂ eq/VU e Energia/VU, ou seja, emitem mais CO₂ eq e necessitam de mais energia por repetição do eixo-padrão. A perda de eficiência não foi verificada apenas para o cenário com energia de compactação igual à mistura padrão. Essa situação se dá pela influência de temperatura na viscosidade do ligante asfáltico durante compactação de misturas asfálticas.

Foi encontrada pouca variação entre os cenários com temperatura de compactação igual a 140°C, com valores inferiores a 10% em relação a mistura padrão.

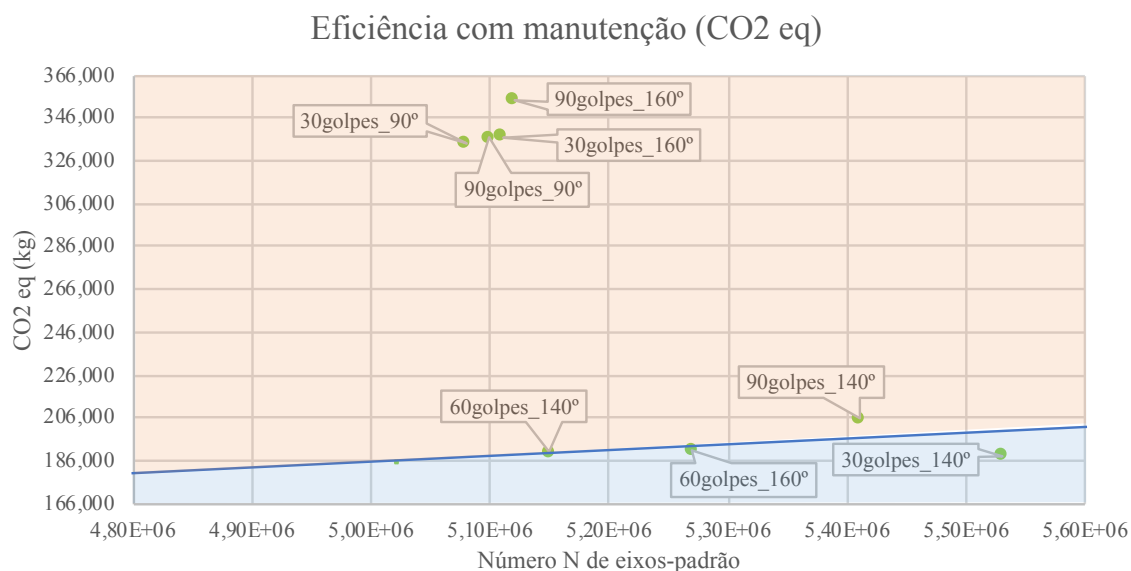


Figura 10: Eficiência dos cenários do estudo de caso (CO2 eq) – manutenção

Fonte: Elaboração própria

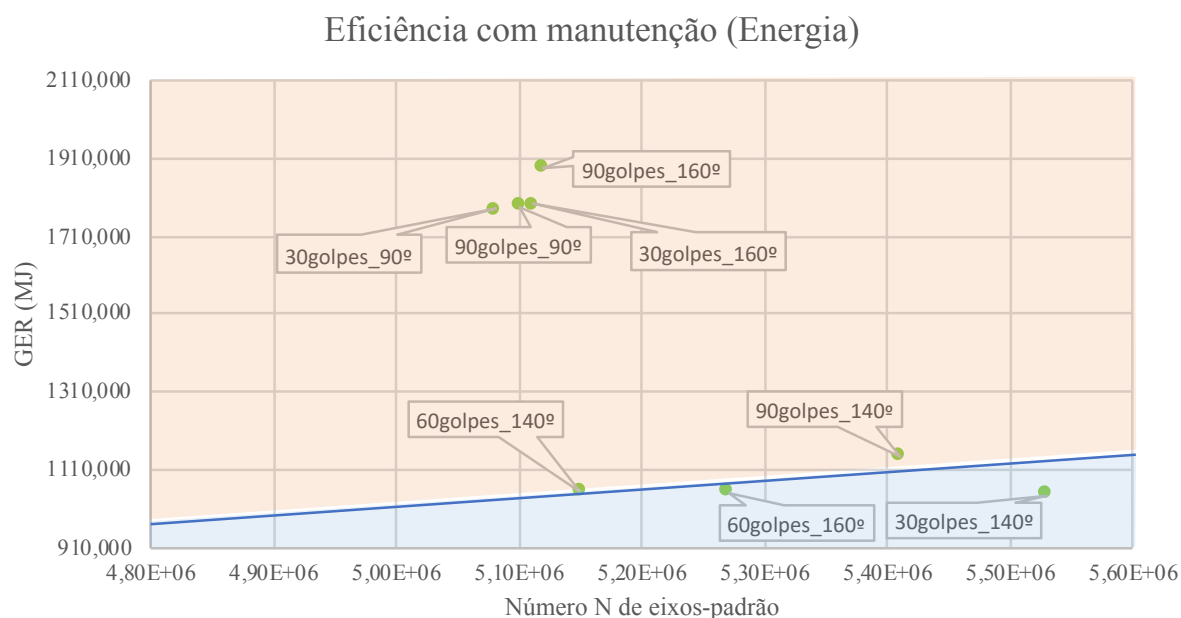


Figura 11 apresenta a eficiência dos cenários de estudo considerando a energia requerida considerando todas as etapas do ciclo de vida estudadas. A linha traçada no gráfico representa, assim como na Figura 10, a referência do desempenho ambiental, representada pelo cenário da mistura padrão.

Assim como na Figura 10, os cenários com temperatura de compactação diferentes de 140°C, em sua maioria, produziram os piores resultados. Não houve muita variação entre

os cenários com temperatura de compactação igual a 140°C, variando menos de 10% em relação a mistura padrão.

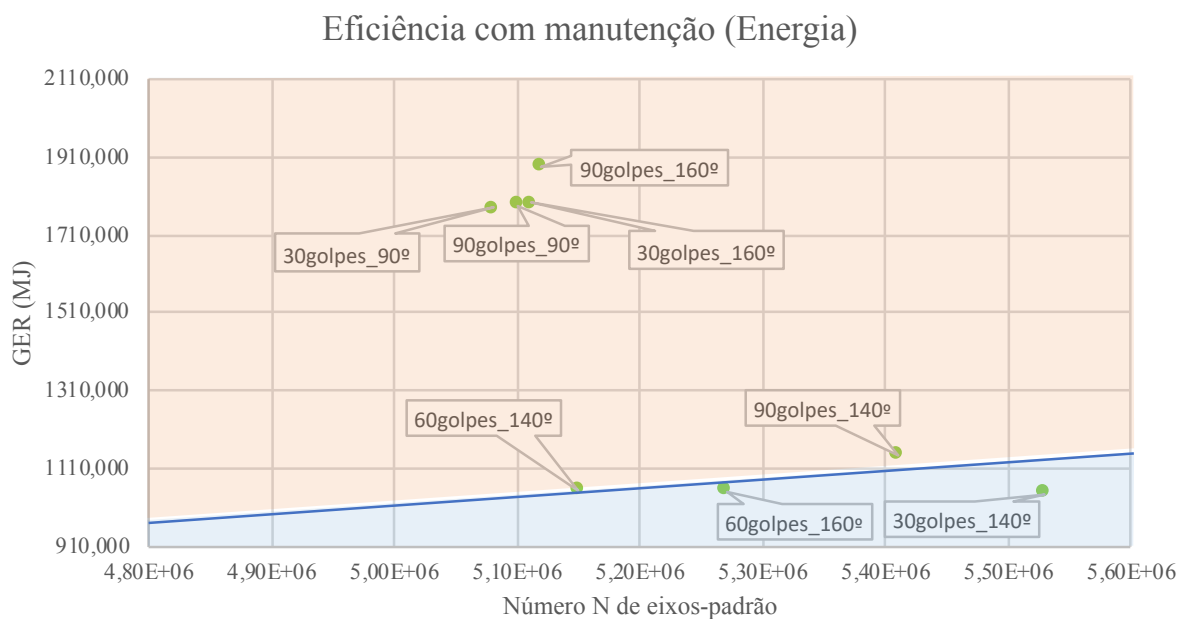


Figura 11: Eficiência dos cenários do estudo de caso (Energia) – manutenção

Fonte: Elaboração própria

A análise das relações CO₂ eq/VU e Energia/VU mostrou que houve significativa aumento nos indicadores após a etapa de manutenção, chegando a 75,40% e 67,75%, respectivamente. A Tabela 28 apresenta a variação dos indicadores após a etapa de manutenção.

Tabela 28: Comparação de cenários após a manutenção

Cenário	CO ₂ eq/VU (%)	Energia/VU (%)
CBUQ_30golpes_90°C	61,7%	54,5%
CBUQ_30golpes_160°C	73,0%	65,5%
CBUQ_90golpes_90°C	75,4%	67,8%
CBUQ_90golpes_160°C	65,1%	58,3%

Fonte: Elaboração própria

8 Conclusão

A ACV é uma ferramenta que pode fornecer uma visão mais holística dos impactos ambientais provocados pela construção de infraestruturas rodoviárias. Entretanto os resultados dependem muito do nível de detalhamento do estudo. A seleção de fases de análise ou indicadores ambientais podem impactar nos resultados finais, que devem ser analisados por tomadores de decisões.

A inclusão da manutenção provocou mudanças significativas nos cenários de estudo. Houve um aumento expressivo nas relações de $\text{CO}_2_{\text{eq}}/\text{VU}$ e Energia/VU dos cenários, chegando a 75,40% e 67,75%, respectivamente. Esse resultado reforça a importância da simulação dos cenários, considerando as intervenções necessárias para cada situação.

O presente estudo abordou a união de dois parâmetros, a estimativa de vida útil com indicadores ambientais, resultando em uma nova métrica para análise dos cenários, estabelecendo a razão entre a emissão ambiental e o desempenho mecânico. A medida foi proposta diante da diferença de durabilidade entre os cenários. Esse novo indicador propõe aliar a teoria das análises ambientais com os conceitos de engenharia aplicados no projeto de rodovias.

Após a inserção do novo indicador, foi verificado que os cenários com temperatura de compactação diferente da especificada produzem, na maioria das vezes, mais impactos ao longo do ciclo de vida. Esse resultado confirma as principais recomendações encontradas na literatura que apontam a falta de controle de temperatura como um dos principais problemas na execução do revestimento asfáltico, considerando as características termoplásticas do material.

Os resultados das análises propostas apontam que a temperatura de compactação é um fator crítico para a execução, de acordo com os indicadores ambientais propostos. O controle desse parâmetro resultou em pavimentos com resultados similares, isto é, com pouca variação entre si, apesar da energia de compactação diferente. A Tabela 27 aponta que os três cenários com temperatura de compactação de 140°C ficaram entre as 4 melhores relações $\text{CO}_2_{\text{eq}}/\text{VU}$ e Energia/VU.

A análise dos impactos produzidos por diferentes tipos de manutenção é recomendada como estudos futuros dessa pesquisa, assim como o refinamento da modelagem de forma

que inclua serviços complementares, como pintura de ligação, imprimação, utilização de materiais reciclados, etc. Além disso, a metodologia proposta pode ser aplicada considerando as seguintes variações de cenários

- Aplicação do número de golpes recomendados pelo método Marshall: 50 ou 75;
- Diferentes temperaturas de compactação;
- Mudança de materiais como asfaltos modificados e rejeitos etc.;
- Outros tipos de misturas: misturas descontínuas (SMA) e abertas (CPA);

Referências

- Albuquerque, A. P. F. de. (2005) *Influência da energia e da temperatura de compactação nos parâmetros volumétricos e nas propriedades mecânicas dos concretos asfálticos*. Instituto Militar de Engenharia.
- Araújo, J. P. C., Oliveira, J. R. M., e Silva, H. M. R. D. (2014) The importance of the use phase on the LCA of environmentally friendly solutions for asphalt road pavements. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 32, 97–110. doi:10.1016/j.trd.2014.07.006
- Aurangzeb, Q., Al-qadi, I. L., Ozer, H., e Yang, R. (2014) Hybrid life cycle assessment for asphalt mixtures with high RAP content. *Resources, Conservation & Recycling*, 83, 77–86. doi:10.1016/j.resconrec.2013.12.004
- AzariJafari, H., Yahia, A., e Ben Amor, M. (2016) Life cycle assessment of pavements: reviewing research challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2187–2197. doi:10.1016/j.jclepro.2015.09.080
- Balbo, J. T. (2007) *Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração*. Oficina de Textos, São Paulo.
- Batouli, M., Bienvenu, M., e Mostafavi, A. (2017) Putting sustainability theory into roadway design practice: Implementation of LCA and LCCA analysis for pavement type selection in real world decision making. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 289–302. doi:10.1016/j.trd.2017.02.018
- Bernucci, L. B., Motta, L. M. G. da, Ceratti, J. A. P., e Soares, J. B. (2006) *Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros*. PETROBRAS: ABEDA, Rio de Janeiro.
- Bi, Y., Huang, J., Pei, J., Zhang, J., Guo, F., e Li, R. (2021) Compaction characteristics assessment of Hot-Mix asphalt mixture using Superpave gyratory compaction and Stribeck curve method. *Construction and Building Materials*, 285, 122874. doi:10.1016/j.conbuildmat.2021.122874
- Bressi, S., Santos, J., Oreskovic, M., e Losa, M. (2019) A comparative environmental impact analysis of asphalt mixtures containing crumb rubber and reclaimed asphalt

- pavement using life cycle assessment. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PAVEMENT ENGINEERING*. doi:10.1080/10298436.2019.1623404
- Butt, A. A., Birgisson, B., e Kringos, N. (2015) Considering the benefits of asphalt modification using a new technical life cycle assessment framework a new technical Life Cycle Assessment framework., 3730(September). doi:10.3846/13923730.2014.914084
- Carvalho, M. D. de. (2018) Competitividade e Sustentabilidade dos Pavimentos de Concreto. O Pavimento de Concreto No Brasil - As Vias do Futuro. *ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland*. Obtido 19 de março de 2022, de <https://sitefiespstorage.blob.core.windows.net/observatoriodaconstrucao/2017/12/Marcos-Dutra.pdf>
- Celauro, C., Corriere, F., Guerrieri, M., Lo, B., e Rizzo, A. (2016) Environmental analysis of different construction techniques and maintenance activities for a typical local road. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2016.10.119
- Chen, F., Zhu, H., Yu, B., e Wang, H. (2016) Environmental burdens of regular and long-term pavement designs: a life cycle view. *International Journal of Pavement Engineering*, 17(4), 300–313. doi:10.1080/10298436.2014.993189
- Cheng, Z., Jia, X., Jiang, H., Hu, W., e Huang, B. (2021) Quantification of impact compaction locking point for asphalt mixture., (December 2020).
- Chiu, C.-T., Hsu, T.-H., e Yang, W.-F. (2008) Life cycle assessment on using recycled materials for rehabilitating asphalt pavements. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(3), 545–556. doi:10.1016/j.resconrec.2007.07.001
- DNIT. Manual de pavimentação. , Pub. L. No. IPR 719 (2006). Rio de Janeiro, Brasil.
- DNIT. (2017) *Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes: Volume 03*.
- DNIT. (2021) *Sistema de Custos Gerenciais de Obra (SICRO)*.
- Facanha, C., e Horvath, A. (2007) Evaluation of Life-Cycle Air Emission Factors of Freight Transportation. *Environmental Science & Technology*, 41(20), 7138–7144.

- Farina, A., Zanetti, M. C., Santagata, E., e Blengini, G. A. (2017) Life cycle assessment applied to bituminous mixtures containing recycled materials: Crumb rubber and reclaimed asphalt pavement. *Resources, Conservation and Recycling*, 117, 204–212. doi:10.1016/j.resconrec.2016.10.015
- Franco, F. A. C. de P., e Motta, L. M. G. da. (2020) *Manual de Utilização do programa MeDiNa*. Obtido de <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/medina/medina-1-1-4-manual-de-utilizacao.pdf>
- Giani, M. I., Dotelli, G., Brandini, N., e Zampori, L. (2015) Comparative life cycle assessment of asphalt pavements using reclaimed asphalt, warm mix technology and cold in-place recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, 224–238. doi:10.1016/j.resconrec.2015.08.006
- Gulotta, T. M., Mistretta, M., e Praticò, F. G. (2019) A life cycle scenario analysis of different pavement technologies for urban roads. *Science of the Total Environment*, 673, 585–593. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.04.046
- Häkkinen, T., e Mäkelä, K. (1996) *Environmental adaption of concrete: Environmental impact of concrete and asphalt pavement*. VTT TIEDOTTEITA, Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland.
- Hasan, U., Whyte, A., e Al, H. (2020) Life cycle assessment of roadworks in United Arab Emirates : Recycled construction waste , reclaimed asphalt pavement , warm-mix asphalt and blast furnace slag use against traditional approach. *Journal of Cleaner Production*, 257, 120531. doi:10.1016/j.jclepro.2020.120531
- Horvath, A., e Hendrickson, C. (1998) Comparison of Environmental Implications of Asphalt and Steel-Reinforced. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (98), 105–113.
- Huang, Y., Bird, R., e Heidrich, O. (2009) Development of a life cycle assessment tool for construction and maintenance of asphalt pavements. *Journal of Cleaner Production*, 17(2), 283–296. doi:10.1016/j.jclepro.2008.06.005
- Inti, S., Sharma, M., e Tandon, V. (2016) An Approach for Performing Life Cycle Impact Assessment of Pavements for Evaluating Alternative Pavement Designs. *Procedia Engineering*, 145, 964–971. doi:10.1016/j.proeng.2016.04.125

- Inyim, P., Pereyra, J., Bienvenu, M., e Mostafavi, A. (2016) Environmental assessment of pavement infrastructure: A systematic review. *Journal of Environmental Management*, 176, 128–138. doi:10.1016/j.jenvman.2016.03.042
- IPCC, W. G. I. (2014) *AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*.
- Liu, X., Cui, Q., e Schwartz, C. (2014) Greenhouse gas emissions of alternative pavement designs: Framework development and illustrative application. *Journal of Environmental Management*, 132, 313–322. doi:10.1016/j.jenvman.2013.11.016
- Loijos, A. (2005) *Life Cycle Assessment of Concrete Pavements : Impacts and Opportunities*. Massachusetts Institute of Technology.
- Motamedi, H., Fazaeli, H., Aliha, M. R. M., e Reza, H. (2020) Evaluation of temperature and loading rate effect on fracture toughness of fiber reinforced asphalt mixture using edge notched disc bend (ENDB) specimen. *Construction and Building Materials*, 234, 117365. doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.117365
- Mroueh, U., Eskola, P., Laine-Ylijoki, J., Wellman, K., Juvankoski, E. M. M., e Ruotoistenmäki, A. (2000) *Life Cycle Assessment of Road Construction*. Helsinki, Finland.
- Nascimento, F., Gouveia, B., Dias, F., Ribeiro, F., e Silva, M. A. (2020) A method to select a road pavement structure with life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 122210. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122210
- NCHRP, N. C. H. R. P. (2011) *A Manual for Design of Hot-Mix Asphalt with Commentary*. The National Academies Press, Washington, DC. doi:10.17226/14524
- Nisbet, M. A., Marceau, M. L., e VanGeem, M. G. (2007) *Life Cycle Inventory of Portland Cement Concrete*. Skokie, Illinois.
- Park, K., Hwang, Y., Seo, S., Asce, M., e Seo, H. (2003) Quantitative Assessment of Environmental Impacts on Life Cycle of Highways., (February), 25–31.
- Santero, N. J., Masanet, E., e Horvath, A. (2011) Life-cycle assessment of pavements . Part I : Critical review. “*Resources, Conservation & Recycling*”, 55(9–10), 801–809. doi:10.1016/j.resconrec.2011.03.010

- Santos, J., Ferreira, A., e Flintsch, G. (2015) A life cycle assessment model for pavement management: Road pavement construction and management in Portugal. *International Journal of Pavement Engineering*, 16(4), 315–336. doi:10.1080/10298436.2014.942862
- Santos, J., Pham, A., Stasinopoulos, P., e Giustozzi, F. (2021) Recycling waste plastics in roads : A life-cycle assessment study using primary data. *Science of the Total Environment*, 751, 141842. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141842
- Santos, João, Ferreira, A., e Flintsch, G. (2017) A multi-objective optimization-based pavement management decision-support system for enhancing pavement sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 164, 1380–1393. doi:10.1016/j.jclepro.2017.07.027
- Spielmann, M., e Scholz, R. W. (2005) The ecoinvent Database: Life Cycle Inventories of Transport Services Background Data for Freight Transport. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, (February 2019). doi:10.1065/lca.10.181.10
- Strippel, H. (2001a) *Life Cycle Assessment of Road: A Pilot Study for Inventory Analysis. Second Revised Edition*. Gothenburg, Sweden.
- Strippel, H. (2001b) *Life Cycle Assessment of Roads: A Pilot Study for Inventory Analysis*.
- Thenoux, G., e Dowling, R. (2007) Energy consumption comparison for different asphalt pavements rehabilitation techniques used in Chile. *Resources, Conservation and Recycling*, 49, 325–339. doi:10.1016/j.resconrec.2006.02.005
- Treloar, G. J., Love, P. E. D., e Crawford, R. H. (2004) Hybrid Life-Cycle Inventory for Road Construction and Use., (February), 43–49.
- United States Environmental Protection Agency. (2021) Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks. Obtido de <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks>
- Wang, H., Al-Saadi, I., Lu, P., e Jasim, A. (2019) Quantifying greenhouse gas emission of asphalt pavement preservation at construction and use stages using life-cycle assessment. *International Journal of Sustainable Transportation*. Department of

Civil and Environmental Engineering, Rutgers University, Piscataway, NJ, United States. doi:10.1080/15568318.2018.1519086

- Wang, T., Lee, I.-S., Kendall, A., Harvey, J., Lee, E.-B., e Kim, C. (2012) Life cycle energy consumption and GHG emission from pavement rehabilitation with different rolling resistance. *Journal of Cleaner Production*, 33, 86–96. doi:10.1016/j.jclepro.2012.05.001
- Yoder, E. J., e Witczak, M. W. (1975) *Principles of Pavement Design*. (2nd editio.). Ed. John Wiley & Sons Inc., New York, USA.
- Yu, B., e Lu, Q. (2012) Life cycle assessment of pavement: Methodology and case study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(5), 380–388. doi:10.1016/j.trd.2012.03.004
- Zapata, P., Gambatese, J. A., e Asce, M. (2005) Energy Consumption of Asphalt and Reinforced Concrete Pavement Materials and Construction. *Journal of Infrastructure Systems*, (March), 9–20.
- Zhang, H., Ph, D., Keoleian, G. A., Lepech, M. D., e Kendall, A. (2010) Life-Cycle Optimization of Pavement Overlay Systems. *Journal of Infrastructure Systems*, (December), 310–322.
- Zhang, H., Ph, D., Lepech, M. D., Keoleian, G. A., Qian, S., e Li, V. C. (2010) Dynamic Life-Cycle Modeling of Pavement Overlay Systems : Capturing the Impacts of Users , Construction , and Roadway Deterioration. *Journal of Infrastructure Systems*, (December), 299–309.
- Zhao, Y., Xie, S., Gao, Y., Zhang, Y., e Zhang, K. (2021) Prediction of the number of roller passes and degree of compaction of asphalt layer based on compaction energy. *Construction and Building Materials*, 277, 122274. doi:10.1016/j.conbuildmat.2021.122274

Anexos

Anexo – Relatórios de Análise dos Pavimentos

30 GOLPES- 90 GRAUS

Programa MeDiNa

[Go to the top of the page](#)
[Go to the bottom of the page](#)

Análise do pavimento

[Home](#)
[About Us](#)
[Contact Us](#)
[Help](#)

Traducción: "una vez más, el mundo de los negocios debe ser el mundo de los hombres de negocios. En su totalidad, el mundo de los negocios debe ser el mundo de los hombres de negocios."

Thank You, Governmental Partners

Age Group	Male (%)	Female (%)
18-24	10	10
25-34	20	20
35-44	30	30
45-54	40	40
55-64	50	50
65-74	60	60
75-84	70	70
85+	80	80

bioRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2019.05.29.256604>; this version posted June 1, 2019. The copyright holder for this preprint (which was not certified by peer review) is the author/funder, who has granted bioRxiv a license to display the preprint in perpetuity. It is made available under aCC-BY-NC-ND 4.0 International license.

Source: <http://www.irs.gov/efile/efilefaq.html>

© 2005 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 258: 103–110

ALERTAS

© 2006 The Authors
Journal compilation © 2006 Blackwell Publishing Ltd

A fim de que o programa não fosse apenas um refinamento de ideias, a comissão procurou oferecer subsídios de natureza teórica às pesquisas, sobretudo quanto ao tipo de trabalho científico idealizado. O objetivo foi de dar prioridade às pesquisas que se relacionassem com a teoria, e não apenas com a prática, embora não se ignorasse a importância da prática para a construção de uma teoria adequada. Assim, a comissão procurou estabelecer uma relação entre a teoria e a prática, e não apenas uma relação de dependência da teoria em relação à prática. Para isso, a comissão procurou estabelecer uma relação de interdependência entre a teoria e a prática, e não apenas uma relação de dependência da teoria em relação à prática. Para isso, a comissão procurou estabelecer uma relação de interdependência entre a teoria e a prática, e não apenas uma relação de dependência da teoria em relação à prática.

Estrutura do pagamento

Case	Material	Temperature (°C)	Modulus of Elasticity (GPa)	Qual. de Materiais
1	2024-T3 ALUMINUM 50 years old, annealed	150	$E_H = 68.9 \pm 0.1$ $E_V = 69.7 \pm 0.2$	C-20
2	7075-T6 ALUMINUM 40 years old, heat-treated	150	$E_H = 68.9 \pm 0.1$ $E_V = 69.7 \pm 0.2$ $E_{\text{long}} = 68.9 \pm 0.1$ $E_{\text{lat}} = 69.7 \pm 0.2$	C-20
3	7075-T6 ALUMINUM 50 years old, heat-treated	150	$E_H = 68.9 \pm 0.1$ $E_V = 69.7 \pm 0.2$ $E_{\text{long}} = 68.9 \pm 0.1$ $E_{\text{lat}} = 69.7 \pm 0.2$	C-20
4	7075-T6 ALUMINUM 50 years old, heat-treated	150	$E_H = 68.9 \pm 0.1$ $E_V = 69.7 \pm 0.2$ $E_{\text{long}} = 68.9 \pm 0.1$ $E_{\text{lat}} = 69.7 \pm 0.2$	C-20

Merits

1. Introduction

Propriedades	Modelos
Tipo de CBF: CBF-20	Canal de Etileno
Pressão operacional (MPa): 2,10	- Modelo de 10 anos (40)
Taxa mínima de Injeção (g/h): 0,75	- Condicionamento de Injeção: 20 e 2,10e-7
Pressão mínima (MPa): 0,00	- Condicionamento de Injeção: 20 e 2,10e-7
Velocidade máxima (m/s): 0,00	- Pressão mínima (MPa): 0,00
Pressão máxima (MPa): 0,00	- Velocidade máxima (m/s): 0,00
Parâmetro de Injeção (g/h): 0,75	- Pressão máxima (MPa): 0,00
Norma de Injeção (g/h): 0,75	- Condicionamento de Injeção: 20 e 2,10e-7

[2. WITTEL](#) [3. BUCHHEIT](#) [4. BUCHHEIT](#) [5. BUCHHEIT](#) [6. BUCHHEIT](#) [7. BUCHHEIT](#) [8. BUCHHEIT](#) [9. BUCHHEIT](#) [10. BUCHHEIT](#) [11. BUCHHEIT](#) [12. BUCHHEIT](#) [13. BUCHHEIT](#) [14. BUCHHEIT](#) [15. BUCHHEIT](#) [16. BUCHHEIT](#) [17. BUCHHEIT](#) [18. BUCHHEIT](#) [19. BUCHHEIT](#) [20. BUCHHEIT](#) [21. BUCHHEIT](#) [22. BUCHHEIT](#) [23. BUCHHEIT](#) [24. BUCHHEIT](#) [25. BUCHHEIT](#) [26. BUCHHEIT](#) [27. BUCHHEIT](#) [28. BUCHHEIT](#) [29. BUCHHEIT](#) [30. BUCHHEIT](#) [31. BUCHHEIT](#) [32. BUCHHEIT](#) [33. BUCHHEIT](#) [34. BUCHHEIT](#) [35. BUCHHEIT](#) [36. BUCHHEIT](#) [37. BUCHHEIT](#) [38. BUCHHEIT](#) [39. BUCHHEIT](#) [40. BUCHHEIT](#) [41. BUCHHEIT](#) [42. BUCHHEIT](#) [43. BUCHHEIT](#) [44. BUCHHEIT](#) [45. BUCHHEIT](#) [46. BUCHHEIT](#) [47. BUCHHEIT](#) [48. BUCHHEIT](#) [49. BUCHHEIT](#) [50. BUCHHEIT](#) [51. BUCHHEIT](#) [52. BUCHHEIT](#) [53. BUCHHEIT](#) [54. BUCHHEIT](#) [55. BUCHHEIT](#) [56. BUCHHEIT](#) [57. BUCHHEIT](#) [58. BUCHHEIT](#) [59. BUCHHEIT](#) [60. BUCHHEIT](#) [61. BUCHHEIT](#) [62. BUCHHEIT](#) [63. BUCHHEIT](#) [64. BUCHHEIT](#) [65. BUCHHEIT](#) [66. BUCHHEIT](#) [67. BUCHHEIT](#) [68. BUCHHEIT](#) [69. BUCHHEIT](#) [70. BUCHHEIT](#) [71. BUCHHEIT](#) [72. BUCHHEIT](#) [73. BUCHHEIT](#) [74. BUCHHEIT](#) [75. BUCHHEIT](#) [76. BUCHHEIT](#) [77. BUCHHEIT](#) [78. BUCHHEIT](#) [79. BUCHHEIT](#) [80. BUCHHEIT](#) [81. BUCHHEIT](#) [82. BUCHHEIT](#) [83. BUCHHEIT](#) [84. BUCHHEIT](#) [85. BUCHHEIT](#) [86. BUCHHEIT](#) [87. BUCHHEIT](#) [88. BUCHHEIT](#) [89. BUCHHEIT](#) [90. BUCHHEIT](#) [91. BUCHHEIT](#) [92. BUCHHEIT](#) [93. BUCHHEIT](#) [94. BUCHHEIT](#) [95. BUCHHEIT](#) [96. BUCHHEIT](#) [97. BUCHHEIT](#) [98. BUCHHEIT](#) [99. BUCHHEIT](#) [100. BUCHHEIT](#)

Propriedades	Modelos
Forma (plan, cilindro, esfera, cone, toro, etc.)	Forma (cone, cilindro, esfera, toro, etc.)
Material (plástico, madeira, metal, etc.)	Material (plástico, madeira, metal, etc.)
Cor (vermelho, azul, amarelo, etc.)	Cor (vermelho, azul, amarelo, etc.)
Gravura (sem gravura, com gravura)	Gravura (sem gravura, com gravura)
Forma da base (quadrado, círculo, etc.)	Forma da base (quadrado, círculo, etc.)
Material da base (plástico, madeira, metal, etc.)	Material da base (plástico, madeira, metal, etc.)
Cor da base (vermelho, azul, amarelo, etc.)	Cor da base (vermelho, azul, amarelo, etc.)
Gravura da base (sem gravura, com gravura)	Gravura da base (sem gravura, com gravura)

doi:10.1371/journal.pone.0184120.g002

[illegible]

5. [10] 30 5 12 14

Proprietăți	Modelul
Conținutul de hidrogen al hidrocarburilor: $H/C_{hidrocarburi} = 0,2$	Conținutul de hidrogen al hidrocarburilor: $H/C_{hidrocarburi} = 0,2$
$Y_{CO_2} = 0,05$ (conținutul de CO_2)	Modelul este puțin sensibil la variații ale Y_{CO_2}
$Y_{H_2O} = 0,05$ (conținutul de H_2O)	Conținutul de apă este puțin sensibil la variații
Conținutul de sulf al hidrocarburilor: $S/C_{hidrocarburi} = 0,001$	Conținutul de sulf este puțin sensibil la variații
Conținutul de azot al hidrocarburilor: $N/C_{hidrocarburi} = 0,001$	Conținutul de azot este puțin sensibil la variații
Conținutul de clor al hidrocarburilor: $Cl/C_{hidrocarburi} = 0,001$	Conținutul de clor este puțin sensibil la variații
Conținutul de fluor al hidrocarburilor: $F/C_{hidrocarburi} = 0,001$	Conținutul de fluor este puțin sensibil la variații

Definição do tráfego

Volume de veículos por hora de abrandamento de tráfego: $V_{ABT} = 1200$

Faixa de veículos por hora de abertura do tráfego: $V_{AB} = 1000$

Volume de mensagens por minuto de abertura de tráfego: $M_{AB} = 20$

Volume de mensagens por minuto de tráfego: $M_{TR} = 20$

Volume de mensagens por minuto de tráfego de tráfego: $M_{TR} = 20$

Volume de mensagens por minuto de tráfego: $M_{TR} = 20$

Volume de mensagens por minuto de tráfego de tráfego: $M_{TR} = 20$

Item	Tipos	IP	Grupo (m/s)	IP	IP
1	Tráfego de tráfego de tráfego	10.0.0.1	10.0.0.1	10.0.0.1	10.0.0.1

Evolução dos dados no pavimento

Item	IP	Grupo (m/s)	IP	IP
1	10.0.0.1	10.0.0.1	10.0.0.1	10.0.0.1
2	10.0.0.2	10.0.0.2	10.0.0.2	10.0.0.2
3	10.0.0.3	10.0.0.3	10.0.0.3	10.0.0.3
4	10.0.0.4	10.0.0.4	10.0.0.4	10.0.0.4
5	10.0.0.5	10.0.0.5	10.0.0.5	10.0.0.5
6	10.0.0.6	10.0.0.6	10.0.0.6	10.0.0.6
7	10.0.0.7	10.0.0.7	10.0.0.7	10.0.0.7
8	10.0.0.8	10.0.0.8	10.0.0.8	10.0.0.8
9	10.0.0.9	10.0.0.9	10.0.0.9	10.0.0.9
10	10.0.0.10	10.0.0.10	10.0.0.10	10.0.0.10
11	10.0.0.11	10.0.0.11	10.0.0.11	10.0.0.11
12	10.0.0.12	10.0.0.12	10.0.0.12	10.0.0.12
13	10.0.0.13	10.0.0.13	10.0.0.13	10.0.0.13
14	10.0.0.14	10.0.0.14	10.0.0.14	10.0.0.14
15	10.0.0.15	10.0.0.15	10.0.0.15	10.0.0.15
16	10.0.0.16	10.0.0.16	10.0.0.16	10.0.0.16
17	10.0.0.17	10.0.0.17	10.0.0.17	10.0.0.17
18	10.0.0.18	10.0.0.18	10.0.0.18	10.0.0.18
19	10.0.0.19	10.0.0.19	10.0.0.19	10.0.0.19
20	10.0.0.20	10.0.0.20	10.0.0.20	10.0.0.20
21	10.0.0.21	10.0.0.21	10.0.0.21	10.0.0.21
22	10.0.0.22	10.0.0.22	10.0.0.22	10.0.0.22
23	10.0.0.23	10.0.0.23	10.0.0.23	10.0.0.23
24	10.0.0.24	10.0.0.24	10.0.0.24	10.0.0.24
25	10.0.0.25	10.0.0.25	10.0.0.25	10.0.0.25
26	10.0.0.26	10.0.0.26	10.0.0.26	10.0.0.26
27	10.0.0.27	10.0.0.27	10.0.0.27	10.0.0.27
28	10.0.0.28	10.0.0.28	10.0.0.28	10.0.0.28
29	10.0.0.29	10.0.0.29	10.0.0.29	10.0.0.29
30	10.0.0.30	10.0.0.30	10.0.0.30	10.0.0.30

Análise de Abrandamento de Trilha de Roda

Item	Tipos	IP	Grupo (m/s)	IP	IP
1	Tráfego de tráfego de tráfego	10.0.0.1	10.0.0.1	10.0.0.1	10.0.0.1
2	Tráfego de tráfego de tráfego	10.0.0.2	10.0.0.2	10.0.0.2	10.0.0.2

Populations	Resource 1 2000	Resource 2 2000	Resource 3 2000	Resource 4 2000	Resource 5 2000	Resource 6 2000	Resource 7 2000	Resource 8 2000	Resource 9 2000
Value	100	10	10	1	0	0	4	0	0
Cost	40000								

1 - CONDIÇÕES ALTERNATIVAS 22 pontos

Propriedades	Modelos
Tipo de CDF = GOM(2) Função perigosidade $f(t) = 2,17t$ Função de confiabilidade $R(t) = 1 - f(t)$ Tempo de vida $t = 20$ anos Probabilidade de falha $F(t) = 1 - R(t)$ Probabilidade de sobrevivência $S(t) = R(t)$ Normalização da função de falha = 100% Normalização da função de sobrevivência = 100%	Gráfico de Fiedga Modelo de vida $\lambda = 0,02$ Condições de segurança $\alpha = 4,75\%$ Condições de risco $\beta = 2,5\%$ Classificação $\gamma = 0$ Modelo de vida $\lambda = 0,02$ Função de vida $R(t) = 1 - f(t)$ Condições de segurança $\alpha = 4,75\%$ Condições de risco $\beta = 2,5\%$

2 - MISTEIS - GOM(1,1) - Função de vida = Analise 17

Propriedades	Modelos
Função de vida $R(t) = 1 - f(t)$ Função de perigosidade $f(t) = 2,17t$ Função de confiabilidade $R(t) = 1 - f(t)$ Função de sobrevivência $S(t) = R(t)$ Normalização da função de falha = 100% Normalização da função de sobrevivência = 100%	Função de vida $R(t) = 1 - f(t)$ Modelo de vida $\lambda = 0,02$ Condições de segurança $\alpha = 4,75\%$ Condições de risco $\beta = 2,5\%$ Classificação $\gamma = 0$ Modelo de vida $\lambda = 0,02$ Função de vida $R(t) = 1 - f(t)$ Condições de segurança $\alpha = 4,75\%$ Condições de risco $\beta = 2,5\%$

3 - MISTEIS - GOM(1,1) - Função de vida = Analise 17

Propriedades	Modelos
Função de vida $R(t) = 1 - f(t)$ Função de perigosidade $f(t) = 2,17t$ Função de confiabilidade $R(t) = 1 - f(t)$ Função de sobrevivência $S(t) = R(t)$ Normalização da função de falha = 100% Normalização da função de sobrevivência = 100%	Função de vida $R(t) = 1 - f(t)$ Modelo de vida $\lambda = 0,02$ Condições de segurança $\alpha = 4,75\%$ Condições de risco $\beta = 2,5\%$ Classificação $\gamma = 0$ Modelo de vida $\lambda = 0,02$ Função de vida $R(t) = 1 - f(t)$ Condições de segurança $\alpha = 4,75\%$ Condições de risco $\beta = 2,5\%$

4 - MISTEIS - GOM(1,1) - Função de vida = Analise 17

Propriedades	Modelos
Função de vida $R(t) = 1 - f(t)$ Função de perigosidade $f(t) = 2,17t$ Função de confiabilidade $R(t) = 1 - f(t)$ Função de sobrevivência $S(t) = R(t)$ Normalização da função de falha = 100% Normalização da função de sobrevivência = 100%	Função de vida $R(t) = 1 - f(t)$ Modelo de vida $\lambda = 0,02$ Condições de segurança $\alpha = 4,75\%$ Condições de risco $\beta = 2,5\%$ Classificação $\gamma = 0$ Modelo de vida $\lambda = 0,02$ Função de vida $R(t) = 1 - f(t)$ Condições de segurança $\alpha = 4,75\%$ Condições de risco $\beta = 2,5\%$

Definição do tráfego

[Home](#)
[About Us](#)
[Contact Us](#)
[Privacy Policy](#)
[Terms of Service](#)

Plan Type	RF	Change (hrs)	RC	FA
1. Formwork, cast-in-place	100%	3.0/1	1.0/0.5	1.0/0.5

Evolução das danças no pavimento

File	Header	Area (Square)	Alt (mm)
1	4000-00	1000	40
2	4000-00	1000	40
12	5000-00	1000	50
15	6000-00	1000	60
20	7000-00	1000	70
22	7000-00	1000	70
25	7000-00	1000	70
27	7000-00	1000	70
32	8000-00	1000	80
34	8000-00	1000	80
38	9000-00	1000	90
42	10000-00	1000	100
44	10000-00	1000	100
48	10000-00	1000	100
52	10000-00	1000	100
55	10000-00	1000	100
57	10000-00	1000	100
59	10000-00	1000	100
62	10000-00	1000	100
65	10000-00	1000	100
67	10000-00	1000	100
69	10000-00	1000	100
72	10000-00	1000	100
75	10000-00	1000	100
77	10000-00	1000	100
79	10000-00	1000	100
82	10000-00	1000	100
84	10000-00	1000	100
87	10000-00	1000	100
89	10000-00	1000	100
92	10000-00	1000	100
94	10000-00	1000	100
97	10000-00	1000	100
99	10000-00	1000	100

Análise de Afundamento de Trilho de Roda

Linea	Material	Manifiesto de Infracción Code (mm)
1	PROTECTOR CARPETA	1/1
2	ALFOMBRAS (PISO) 1/2	1/1
3	GRASA PARA MAQUINARIA INDUSTRIAL	1/1
4	ALUMINIO	1/1

1 - CONCRETO ARMADO: 100 anos de aplicação

Propriedades	Módulos
Grupo de Concreto: C20-25 Massa específica (concreto) = 2400 kg/m³ Elasticidade (concreto) = 10000 MPa Tensão de ruptura = 20 MPa Coeficiente de expansão térmica = 10,2 x 10⁻⁶ Coeficiente de retração = 0,0001 Coeficiente de fragilidade = 0,15 Módulo de elasticidade = 14000 MPa	Grupo de Concreto: Módulo de elasticidade = 14000 MPa Tensão de ruptura = 20 MPa Coeficiente de expansão térmica = 10,2 x 10⁻⁶ Coeficiente de retração = 0,0001 Módulo de elasticidade = 14000 MPa Módulo de elasticidade = 14000 MPa Tensão de ruptura = 20 MPa Coeficiente de expansão térmica = 10,2 x 10⁻⁶

2 - MORTAR: 100 anos de aplicação - Área: 100 m²

Propriedades	Módulos
Grupo de Mortar: M20-25 Massa específica (concreto) = 2400 kg/m³ Elasticidade (concreto) = 10000 MPa Tensão de ruptura = 20 MPa Coeficiente de expansão térmica = 10,2 x 10⁻⁶ Coeficiente de retração = 0,0001 Coeficiente de fragilidade = 0,15 Módulo de elasticidade = 14000 MPa	Grupo de Mortar: M20-25 Módulo de elasticidade = 14000 MPa Tensão de ruptura = 20 MPa Coeficiente de expansão térmica = 10,2 x 10⁻⁶ Coeficiente de retração = 0,0001 Coeficiente de fragilidade = 0,15 Módulo de elasticidade = 14000 MPa

3 - SOLUÇÃO DE PROBLEMA: 100 anos de aplicação - Área: 100 m²

Propriedades	Módulos
Grupo de Solução: S20-25 Massa específica (concreto) = 2400 kg/m³ Elasticidade (concreto) = 10000 MPa Tensão de ruptura = 20 MPa Coeficiente de expansão térmica = 10,2 x 10⁻⁶ Coeficiente de retração = 0,0001 Coeficiente de fragilidade = 0,15 Módulo de elasticidade = 14000 MPa	Grupo de Solução: S20-25 Módulo de elasticidade = 14000 MPa Tensão de ruptura = 20 MPa Coeficiente de expansão térmica = 10,2 x 10⁻⁶ Coeficiente de retração = 0,0001 Coeficiente de fragilidade = 0,15 Módulo de elasticidade = 14000 MPa

4 - SOLUÇÃO DE PROBLEMA: 100 anos de aplicação - Área: 100 m²

Propriedades	Módulos
Grupo de Solução: S20-25 Massa específica (concreto) = 2400 kg/m³ Elasticidade (concreto) = 10000 MPa Tensão de ruptura = 20 MPa Coeficiente de expansão térmica = 10,2 x 10⁻⁶ Coeficiente de retração = 0,0001 Coeficiente de fragilidade = 0,15 Módulo de elasticidade = 14000 MPa	Grupo de Solução: S20-25 Módulo de elasticidade = 14000 MPa Tensão de ruptura = 20 MPa Coeficiente de expansão térmica = 10,2 x 10⁻⁶ Coeficiente de retração = 0,0001 Coeficiente de fragilidade = 0,15 Módulo de elasticidade = 14000 MPa

Definição do tráfego

valor de 12% (12%) sobre o total do custo do projeto (R\$ 1.740.000,00) em 1985;
 valor de custo de manutenção anual de R\$ 120.000,00;
 número de viagens anual de um veículo (10 viagens por mês);
 nível de confiabilidade do projeto = 100%;
 número de veículos por unidade de tempo de 10 unidades de tempo (10 veículos);
 taxa de crescimento de tráfego = 3,5%;
 número máximo de veículos por unidade de tempo = 100 unidades de tempo (100 veículos).

Item	Tipos	IP	Tempo (horas)	R ₀	R ₁
1	Tráfego de veículos de carga	120.000	120	100%	100%

Evolução dos danos no pavimento

Mile	R. Inicial	Área Inicial	MTB Empy
1	4.117,4 +0	1.00%	4.7
5	5.473,4 +0	2,17%	5.4
10	6.829,4 +0	3,33%	6.1
15	8.185,4 +0	4,50%	6.8
20	9.541,4 +0	5,67%	7.5
25	1.0897,4 +0	6,83%	8.2
30	1.2253,4 +0	8,00%	8.9
35	1.3609,4 +0	9,17%	9.6
40	1.4965,4 +0	10,33%	10.3
45	1.6321,4 +0	11,50%	11.0
50	1.7677,4 +0	12,67%	11.7
55	1.9033,4 +0	13,83%	12.4
60	2.0389,4 +0	15,00%	13.1
65	2.1745,4 +0	16,17%	13.8
70	2.3101,4 +0	17,33%	14.5
75	2.4457,4 +0	18,50%	15.2
80	2.5813,4 +0	19,67%	15.9
85	2.7169,4 +0	20,83%	16.6
90	2.8525,4 +0	22,00%	17.3
95	2.9881,4 +0	23,17%	18.0
100	3.1237,4 +0	24,33%	18.7
105	3.2593,4 +0	25,50%	19.4
110	3.3949,4 +0	26,67%	20.1

Análise de Abundamento de Trilha de Roda

Carr. Material	Abundamento de Trilha de Roda (mm)
1 - asfalto (carr. novo)	1,0
2 - H.C. (carr. novo)	1,5
3 - SOL. (H.C. 200.000 km/ano)	2,5
4 - SOL. (H.C.)	1,25

Local: Valencia	Atendimiento en la Trilla de Roda (máx)
Atendimiento de Trilla de Roda (máx)	0,6

Definiciones

En todas las pruebas de laboratorio se usó el método de los 10 golpes. Para cada prueba se usó un solo tipo de equipamiento de laboratorio, el mismo para todos los tipos de equipamiento. Los resultados de las pruebas se expresan en términos de la capacidad de carga en toneladas.

Definición de capacidad: 100 toneladas tipo de camión: C 3000000, 4000000, 5000000 y 6000000 galpes

Equipamiento de	Grupos 1 0 mm	Grupos 2 20 mm	Grupos 3 40 mm	Grupos 4 75 mm	Grupos 5 100 mm	Grupos 6 150 mm	Grupos 7 200 mm	Grupos 8 250 mm	Grupos 9 300 mm
Capacidad de carga Tipo: 1000 ton Carga: 100 mm	40	30	20	15	10	5	0	0	0
ESL Tipo: 1000 ton Carga: 100 mm	20	0	10	1	0	0	4	0	0

Definición de capacidad: 200 toneladas tipo de camión: B 4000000, 5000000, 6000000, 7000000 y 8000000 galpes

Equipamiento de	Grupos 1 0 mm	Grupos 2 20 mm	Grupos 3 40 mm	Grupos 4 75 mm	Grupos 5 100 mm	Grupos 6 150 mm	Grupos 7 200 mm	Grupos 8 250 mm	Grupos 9 300 mm
Capacidad de carga Tipo: 1000 ton Carga: 100 mm	50	30	20	10	10	0	0	0	0
ESL Tipo: 1000 ton Carga: 100 mm	10	10	10	1	0	0	4	0	0

Definición de capacidad: 300 toneladas tipo de camión: A 5000000, 6000000, 7000000, 8000000 y 9000000 galpes

Equipamiento de	Grupos 1 0 mm	Grupos 2 20 mm	Grupos 3 40 mm	Grupos 4 75 mm	Grupos 5 100 mm	Grupos 6 150 mm	Grupos 7 200 mm	Grupos 8 250 mm	Grupos 9 300 mm
Capacidad de carga Tipo: 1000 ton Carga: 100 mm	50	30	20	1	10	10	0	0	0
ESL Tipo: 1000 ton Carga: 100 mm	10	0	10	10	0	0	4	0	0

Definición de capacidad: 400 toneladas tipo de camión: B 6000000, 7000000, 8000000 y 9000000 galpes

Equipamiento de	Grupos 1 0 mm	Grupos 2 20 mm	Grupos 3 40 mm	Grupos 4 75 mm	Grupos 5 100 mm	Grupos 6 150 mm	Grupos 7 200 mm	Grupos 8 250 mm	Grupos 9 300 mm
Capacidad de carga Tipo: 1000 ton Carga: 100 mm	40	30	20	20	10	10	10	0	0
ESL Tipo: 1000 ton Carga: 100 mm	10	10	10	10	0	0	4	0	0

Programma MeDiNa

[View our new page](#) - [About us](#) - [Contact us](#) - [Privacy Policy](#)

Análise de Pavimento

Age Group	Percentage
18-24	10%
25-34	20%
35-44	30%
45-54	40%
55-64	50%
65-74	60%
75-84	70%
85+	80%

bioRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2019.05.21.256800>; this version posted May 21, 2019. The copyright holder for this preprint (which was not certified by peer review) is the author/funder, who has granted bioRxiv a license to display the preprint in perpetuity. It is made available under aCC-BY-NC-ND 4.0 International license.

© 2012 by the author(s); licensee Bentham Science Publishers. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[Study published in 1998 in 12851 cases for type IIa and 10](#)

and the β parameter is the inverse of the variance of the error term.

Seit dem Jahr 2011 werden die folgenden Aufgaben im Rahmen der Projektschritte durchgeführt:

ALERTAS

http://www.elsevier.com/locate/jmb

1. **Objetivo:** O presente trabalho tem como objetivo principal analisar a importância da comunicação de massa na sociedade contemporânea, explorando seus impactos sociais, culturais e políticos. O estudo busca compreender como a mídia molda a opinião pública, influencia comportamentos e atua como ferramenta de transformação social.

Seems to be a good match for the data. The model is a good fit for the data.

Estrutura do pavimento

Casa	Material	Deposito (cm)	Módulo de Elasticidad	Coef. de Poisson
1	CONCRETO ARMADO Wings - 100 kg/m ³	10.0	$E = 2.1 \times 10^4$ kg/cm ²	0.20
2	CONCRETO ARMADO Beto Sudoeste - 100 kg/m ³	10.0	$E = 2.1 \times 10^4$ kg/cm ²	0.20
3	SOLO DE ALUMINIO OVALADO Solamento tipo LUGAR	15.0	$E_{\text{Alumínio}} = 70.000$ kg/cm ² $E_1 = 102.00$ $E_2 = 10.00$ $E_3 = 10.00$ $E_4 = 10.00$	0.40
4	ALUMINIO Alumínio tipo	5	$E = 70.000$ kg/cm ²	0.30

Materials

1 - COF-CIL 2-424-11002 10 gram 10 golpes

Propriedades	Modelos
Grupo de MTG = 100000 Massa nominal (kg) $\gamma_{\text{nom}}(T) = 1000$ Elasticidade à tração $E(T) = 1$ Taxa de amortilho $\alpha(T) = 0$ Volume de água $V(T) = 1000$ Temperatura ambiente Alargamento da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Massa real (kg) $\gamma_{\text{real}}(T) = 1000$	Exatidão da água Modelos = 1000000000 Alargamento da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Coeficiente de segurança $\gamma_{\text{seg}}(T) = 1000$ Classe da água $\gamma_{\text{cl}}(T) = 1$ MTG = 1000000000 Exatidão da água Temperatura ambiente $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Massa real (kg) $\gamma_{\text{real}}(T) = 1000$

2 - MATRIZ 10-100-1000 10 gram 10 golpes

Propriedades	Modelos
Exatidão da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Massa nominal (kg) $\gamma_{\text{nom}}(T) = 1000$ Alargamento da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Elasticidade à tração $E(T) = 1000000$ Alargamento da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Massa real (kg) $\gamma_{\text{real}}(T) = 1000$	Exatidão da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Modelos = 1000000000 Alargamento da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Coeficiente de segurança $\gamma_{\text{seg}}(T) = 1000$ Coeficiente de segurança $\gamma_{\text{seg}}(T) = 1000$ Coeficiente de segurança $\gamma_{\text{seg}}(T) = 1000$

3 - COF-CIL 2-424-11002 10 gram 10 golpes

Propriedades	Modelos
Exatidão da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Grupo de MTG = 100000 MTG = 1000000000 MTG = 1000000000 Massa nominal (kg) $\gamma_{\text{nom}}(T) = 1000$ Alargamento da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Elasticidade à tração $E(T) = 1000000$ Massa real (kg) $\gamma_{\text{real}}(T) = 1000$	Exatidão da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Modelos = 1000000000 Alargamento da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Coeficiente de segurança $\gamma_{\text{seg}}(T) = 1000$ Coeficiente de segurança $\gamma_{\text{seg}}(T) = 1000$ Coeficiente de segurança $\gamma_{\text{seg}}(T) = 1000$ Coeficiente de segurança $\gamma_{\text{seg}}(T) = 1000$

4 - MATRIZ 10-100-1000 10 gram 10 golpes

Propriedades	Modelos
Exatidão da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Grupo de MTG = 100000 MTG = 1000000000 MTG = 1000000000 Massa nominal (kg) $\gamma_{\text{nom}}(T) = 1000$ Alargamento da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Elasticidade à tração $E(T) = 1000000$ Massa real (kg) $\gamma_{\text{real}}(T) = 1000$	Exatidão da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Modelos = 1000000000 Alargamento da água $\gamma_{\text{amb}}(T) = 1000$ Coeficiente de segurança $\gamma_{\text{seg}}(T) = 1000$ Coeficiente de segurança $\gamma_{\text{seg}}(T) = 1000$ Coeficiente de segurança $\gamma_{\text{seg}}(T) = 1000$ Coeficiente de segurança $\gamma_{\text{seg}}(T) = 1000$

Definição do tráfego

Velocidade Média (V_m) obtida com o sensor de velocidade = 40,7 (km/h) a 10/04/2019

Velocidade máxima permitida no trecho de teste = 40 km/h

Velocidade máxima permitida no trecho de teste (V_{mp}) = 40 km/h = 10,93

Temperatura da água do poço = 18,0°C

Temperatura da água no tanque de armazenamento da água do poço = 18,0°C

Temperatura do ar = 18,0°C

Número líquido natural de passageiros com o ar condicionado de passageiros = 60 = 1,674x10³

Item	Tempo	RF	Carga (kg/m ²)	RF	RF ₀
1	Velocidade máxima permitida	10,93	4,07	1,00	1,000

Evolução das danças no pavimento

km	Equipos	Velocidade	RF ₀ (km/h)
1	0,00 km/h	0,00%	0,0
5	1,00 km/h	0,00%	0,0
10	1,00 km/h	0,00%	0,0
15	1,00 km/h	0,00%	0,0
20	1,00 km/h	0,00%	0,0
25	1,00 km/h	0,00%	0,0
30	1,00 km/h	0,00%	0,0
35	1,00 km/h	0,00%	0,0
40	1,00 km/h	0,00%	0,0
45	1,00 km/h	0,00%	0,0
50	1,00 km/h	0,00%	0,0
55	1,00 km/h	0,00%	0,0
60	1,00 km/h	0,00%	0,0
65	1,00 km/h	0,00%	0,0
70	1,00 km/h	0,00%	0,0
75	1,00 km/h	0,00%	0,0
80	1,00 km/h	0,00%	0,0
85	1,00 km/h	0,00%	0,0
90	1,00 km/h	0,00%	0,0
95	1,00 km/h	0,00%	0,0
100	1,00 km/h	0,00%	0,0
105	1,00 km/h	0,00%	0,0
110	1,00 km/h	0,00%	0,0
115	1,00 km/h	0,00%	0,0
120	1,00 km/h	0,00%	0,0

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Carga Material	Afundamento da Trilha de Roda (mm)
1 - CARGA MÁXIMA PERMITIDA	0,00
2 - CARGA MÁXIMA PERMITIDA	0,00
3 - CARGA MÁXIMA PERMITIDA	0,00
4 - CARGA MÁXIMA PERMITIDA	0,00

14 - CONCRETO ARMADO (190 g, 20 pgs)

Propriedades

Tipologia: TAP e TAP 20
 Massa específica (kg/m³) = 2400
 Coef. de dilatação térmica (1/°C) = 1,04
 Tensão de ruptura (MPa) = 34
 Tensão de ruptura (kgf/cm²) = 3,4
 Tensão de ruptura (kgf/cm²) = 3,4
 Norma de Projeto: NBR 6118
 Norma de Execução: NBR 11527

Modelos

Estado de Tensões

Estado = 1 (pelo 1.º E)
 Coeficiente de Regressão (1.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (2.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (3.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (4.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (5.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (6.º E) = 1,746

Estado de Deformação

Coeficiente de Regressão (1.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (2.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (3.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (4.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (5.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (6.º E) = 1,746

15 - MISTURAS CONCRETAS (190 g, 20 pgs)

Propriedades

Tipologia: TAP e TAP 20
 Massa específica (kg/m³) = 2400
 Coef. de dilatação térmica (1/°C) = 1,04
 Tensão de ruptura (MPa) = 34
 Tensão de ruptura (kgf/cm²) = 3,4
 Tensão de ruptura (kgf/cm²) = 3,4
 Norma de Projeto: NBR 6118
 Norma de Execução: NBR 11527

Modelos

Estado de Tensões

Estado = 1 (pelo 1.º E)
 Coeficiente de Regressão (1.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (2.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (3.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (4.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (5.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (6.º E) = 1,746

16 - CONCRETO ARMADO (190 g, 20 pgs)

Propriedades

Tipologia: TAP e TAP 20
 Massa específica (kg/m³) = 2400
 Coef. de dilatação térmica (1/°C) = 1,04
 Tensão de ruptura (MPa) = 34
 Tensão de ruptura (kgf/cm²) = 3,4
 Tensão de ruptura (kgf/cm²) = 3,4
 Norma de Projeto: NBR 6118
 Norma de Execução: NBR 11527

Modelos

Estado de Tensões

Estado = 1 (pelo 1.º E)
 Coeficiente de Regressão (1.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (2.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (3.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (4.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (5.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (6.º E) = 1,746

17 - MISTURAS CONCRETAS (190 g, 20 pgs)

Propriedades

Tipologia: TAP e TAP 20
 Massa específica (kg/m³) = 2400
 Coef. de dilatação térmica (1/°C) = 1,04
 Tensão de ruptura (MPa) = 34
 Tensão de ruptura (kgf/cm²) = 3,4
 Tensão de ruptura (kgf/cm²) = 3,4
 Norma de Projeto: NBR 6118
 Norma de Execução: NBR 11527

Modelos

Estado de Tensões

Estado = 1 (pelo 1.º E)
 Coeficiente de Regressão (1.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (2.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (3.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (4.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (5.º E) = 1,746
 Coeficiente de Regressão (6.º E) = 1,746

Definição da tráfega

Valor da taxa de juros nominal calculada em função da taxa de juros real (7%) e da inflação (12%):

Valor da taxa de juros nominal de mercado da dívida (R₁) = 19,4%

Valor da antecipação anual do valor médio (T₁) = 0,001716 = 0,1716%

Valor da taxa fixa de projeto (R₂) = 10%

Valor da antecipação anual do valor médio da taxa fixa de projeto (T₂) = 0%

Taxa de comprometimento com o projeto (R₃) = 0,0%

Valor da antecipação anual do comprometimento com o projeto da taxa fixa de projeto (T₃) = 0,0%

Item	Tipo	R ₁	Garantia (ano)	R ₂	R ₃
1	Contratante de obra pública	19,4%	0,25	10,0%	0,0%

Evolução dos dados no pavimento

Mês	R ₁ Equiv.	Ano Tráfego	ATD Tráf.
1	1,94e+01	1,25e	5,1
4	1,94e+01	1,25e	5,1
8	1,94e+01	1,25e	5,1
12	1,94e+01	1,25e	5,1
16	1,94e+01	1,25e	5,1
20	1,94e+01	1,25e	5,1
24	1,94e+01	1,25e	5,1
28	1,94e+01	1,25e	5,1
32	1,94e+01	1,25e	5,1
36	1,94e+01	1,25e	5,1
40	1,94e+01	1,25e	5,1
44	1,94e+01	1,25e	5,1
48	1,94e+01	1,25e	5,1
52	1,94e+01	1,25e	5,1
56	1,94e+01	1,25e	5,1
60	1,94e+01	1,25e	5,1
64	1,94e+01	1,25e	5,1
68	1,94e+01	1,25e	5,1
72	1,94e+01	1,25e	5,1
76	1,94e+01	1,25e	5,1
80	1,94e+01	1,25e	5,1
84	1,94e+01	1,25e	5,1
88	1,94e+01	1,25e	5,1
92	1,94e+01	1,25e	5,1
96	1,94e+01	1,25e	5,1
100	1,94e+01	1,25e	5,1
104	1,94e+01	1,25e	5,1
108	1,94e+01	1,25e	5,1
112	1,94e+01	1,25e	5,1
116	1,94e+01	1,25e	5,1

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Tipo Material	Afundamento da Trilha de Roda	
	[mm]	
1	CONCRETO ASFÁLTICO	0,00
2	MADEIRA COMBUSTÍVEL	1,00
3	SOLO COMBUSTÍVEL E COMBUSTÍVEL COMBUSTÍVEL	0,00
4	ASfalto	1,00

Nome: Rafael	Classificação da Trilha de Ponto (mm)
Afastamento da Trilha de Ponto (mm)	0.1

Deflexões

As deflexões foram calculadas para as seguintes condições de carga: 100 kg, 200 kg, 300 kg, 400 kg, 500 kg, 600 kg, 700 kg, 800 kg, 900 kg, 1000 kg. Os resultados são apresentados a seguir, em forma de tabelas.

Deflexões para o modelo 100 kg com sensores de defeito: 100 kg, 200 kg, 300 kg, 400 kg, 500 kg, 600 kg, 700 kg, 800 kg, 900 kg, 1000 kg.

Deflexão (mm)	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 mm	20 mm	30 mm	40 mm	50 mm	60 mm	70 mm	80 mm	90 mm
Deflexão (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deflexão (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Deflexões para o modelo 200 kg com sensores de defeito: 100 kg, 200 kg, 300 kg, 400 kg, 500 kg, 600 kg, 700 kg, 800 kg, 900 kg, 1000 kg.

Deflexão (mm)	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 mm	20 mm	30 mm	40 mm	50 mm	60 mm	70 mm	80 mm	90 mm
Deflexão (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deflexão (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Deflexões para o modelo 300 kg com sensores de defeito: 100 kg, 200 kg, 300 kg, 400 kg, 500 kg, 600 kg, 700 kg, 800 kg, 900 kg, 1000 kg.

Deflexão (mm)	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 mm	20 mm	30 mm	40 mm	50 mm	60 mm	70 mm	80 mm	90 mm
Deflexão (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deflexão (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Deflexões para o modelo 400 kg com sensores de defeito: 100 kg, 200 kg, 300 kg, 400 kg, 500 kg, 600 kg, 700 kg, 800 kg, 900 kg, 1000 kg.

Deflexão (mm)	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
	0 mm	20 mm	30 mm	40 mm	50 mm	60 mm	70 mm	80 mm	90 mm
Deflexão (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deflexão (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

60 GOLPES- 160 GRAUS

Programma Medicina 2002-2003

www.sagepub.com/journalsPermissions.nav

Análise do movimento

Age Group	Percentage
18-24	10%
25-34	20%
35-44	25%
45-54	20%
55-64	15%
65-74	10%
75-84	5%
85+	5%

A 2x10 grid of small, colorful icons representing various professions and industries. The icons include a chef, a doctor, a teacher, a construction worker, a farmer, a pilot, a scientist, a musician, a police officer, a firefighter, a soldier, a astronaut, a person in a suit, a person in a lab coat, a person in a hard hat, a person in a uniform, a person in a graduation cap, a person in a graduation gown, a person in a graduation cap and gown, a person in a graduation cap and gown, a person in a graduation cap and gown, a person in a graduation cap and gown.

[Home](#)
[About Us](#)
[Contact Us](#)
[Privacy Policy](#)

Available for download at <http://www.oxfordjournals.org/doi/full/10.1093/oxfordjournals/ajph.a009999>

Age Group	Percentage
18-24	10%
25-34	15%
35-44	20%
45-54	25%
55-64	30%
65-74	35%
75-84	40%
85+	45%

Week 4: [Week 4](#)

doi:10.1371/journal.pone.0174141.g002

for each of the 1000 replications. The results are shown in Table 1.

[Back to top](#)

ALERT

Free to share, but not to be used for commercial purposes

1994) e, portanto, a R&D é uma atividade econômica essencial para a inovação tecnológica, a qual é considerada a principal fonte de crescimento econômico sustentável. Assim, a inovação tecnológica é considerada a principal fonte de crescimento econômico sustentável. Assim, a inovação tecnológica é considerada a principal fonte de crescimento econômico sustentável.

Estrutura do pavimento

Case	Material	Exposure (yr)	Model for the Baseline	Overall P-value
1	CONCRETE ACTUATION (00 g/m ² 00 g/m ²)	100	Fit: $Y = 0.001X + 0.001$	0.00
2	Concrete (00 g/m ² 00 g/m ²)	100	Fit: $Y = 0.001X + 0.001$	0.00
3	CONCRETE ACTUATION (00 g/m ² 00 g/m ²)	100	Fit: $Y = 0.001X + 0.001$	0.00
4	Concrete (00 g/m ² 00 g/m ²)	100	Fit: $Y = 0.001X + 0.001$	0.00

Overview

1 - CONCRETO ARMADO: 100 gramas 02 golpes

Propriedades

Comprimento $L = 100 \text{ mm}$
 Massa específica $\rho_{\text{concreto}} = 2400 \text{ kg/m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Tensão de ruptura $\sigma_{\text{tr}} = 1,5$
 Volume de concreto $V_{\text{con}} = 0,0003 \text{ m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Massa de concreto $m_{\text{concreto}} = 0,24 \text{ kg}$
 Massa de aço $m_{\text{aço}} = 0,001 \text{ kg}$

Modelos

Comprimento $L = 100 \text{ mm}$
 Massa de aço $m_{\text{aço}} = 0,001 \text{ kg}$
 Massa de concreto $m_{\text{concreto}} = 0,24 \text{ kg}$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Tensão de ruptura $\sigma_{\text{tr}} = 1,5$
 Volume de concreto $V_{\text{con}} = 0,0003 \text{ m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Massa de concreto $m_{\text{concreto}} = 0,24 \text{ kg}$
 Massa de aço $m_{\text{aço}} = 0,001 \text{ kg}$

2 - MATERIAL GRANULAR: Brita Granelada - Granel 05

Propriedades

Comprimento $L = 100 \text{ mm}$
 Massa específica $\rho_{\text{granular}} = 2400 \text{ kg/m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Tensão de ruptura $\sigma_{\text{tr}} = 1,5$
 Volume de concreto $V_{\text{con}} = 0,0003 \text{ m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Massa de concreto $m_{\text{concreto}} = 0,24 \text{ kg}$

Modelos

Comprimento $L = 100 \text{ mm}$
 Massa específica $\rho_{\text{granular}} = 2400 \text{ kg/m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Tensão de ruptura $\sigma_{\text{tr}} = 1,5$
 Volume de concreto $V_{\text{con}} = 0,0003 \text{ m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Massa de concreto $m_{\text{concreto}} = 0,24 \text{ kg}$

3 - CONCRETO ARMADO: 100 gramas 02 golpes - 02 - 03 - 04 - 05 - 06 - 07 - 08 - 09 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20 - 21 - 22 - 23 - 24 - 25 - 26 - 27 - 28 - 29 - 30 - 31 - 32 - 33 - 34 - 35 - 36 - 37 - 38 - 39 - 40 - 41 - 42 - 43 - 44 - 45 - 46 - 47 - 48 - 49 - 50 - 51 - 52 - 53 - 54 - 55 - 56 - 57 - 58 - 59 - 60 - 61 - 62 - 63 - 64 - 65 - 66 - 67 - 68 - 69 - 70 - 71 - 72 - 73 - 74 - 75 - 76 - 77 - 78 - 79 - 80 - 81 - 82 - 83 - 84 - 85 - 86 - 87 - 88 - 89 - 90 - 91 - 92 - 93 - 94 - 95 - 96 - 97 - 98 - 99 - 100

Propriedades

Comprimento $L = 100 \text{ mm}$
 Massa específica $\rho_{\text{concreto}} = 2400 \text{ kg/m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Tensão de ruptura $\sigma_{\text{tr}} = 1,5$
 Volume de concreto $V_{\text{con}} = 0,0003 \text{ m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Massa de concreto $m_{\text{concreto}} = 0,24 \text{ kg}$
 Massa de aço $m_{\text{aço}} = 0,001 \text{ kg}$

Modelos

Comprimento $L = 100 \text{ mm}$
 Massa específica $\rho_{\text{concreto}} = 2400 \text{ kg/m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Tensão de ruptura $\sigma_{\text{tr}} = 1,5$
 Volume de concreto $V_{\text{con}} = 0,0003 \text{ m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Massa de concreto $m_{\text{concreto}} = 0,24 \text{ kg}$
 Massa de aço $m_{\text{aço}} = 0,001 \text{ kg}$

4 - CONCRETO ARMADO: 100 gramas 02 golpes

Propriedades

Comprimento $L = 100 \text{ mm}$
 Massa específica $\rho_{\text{concreto}} = 2400 \text{ kg/m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Tensão de ruptura $\sigma_{\text{tr}} = 1,5$
 Volume de concreto $V_{\text{con}} = 0,0003 \text{ m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Massa de concreto $m_{\text{concreto}} = 0,24 \text{ kg}$
 Massa de aço $m_{\text{aço}} = 0,001 \text{ kg}$

Modelos

Comprimento $L = 100 \text{ mm}$
 Massa específica $\rho_{\text{concreto}} = 2400 \text{ kg/m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Tensão de ruptura $\sigma_{\text{tr}} = 1,5$
 Volume de concreto $V_{\text{con}} = 0,0003 \text{ m}^3$
 Coeficiente de atrito $\mu = 0,40$
 Massa de concreto $m_{\text{concreto}} = 0,24 \text{ kg}$
 Massa de aço $m_{\text{aço}} = 0,001 \text{ kg}$

Definição do tráfego

Coeficiente de segurança contra o deslizamento: $\gamma_{\text{desl}} = 1,25$ (NBR 6122)

Coeficiente de segurança contra o tombamento: $\gamma_{\text{tom}} = 1,50$

Coeficiente de segurança contra o deslocamento lateral: $\gamma_{\text{deslateral}} = 1,25$

TR (Circulação de Tráfego) proposta: 18000

Número de estações perigosas (coeficiente aplicado ao lado do projeto): $\text{Est} = 0$

Tipo de pavimento de análise: 0 (R)

Número Equivalente de estações perigosas (aplicado ao lado do projeto): $\text{NEq} = 0,274 \times 0$

Item - Tramo	H ₀	Curva (km)	H ₀	H ₀
1 - Trecho inicial do rodoviar	1200	0,00	1200	20,7

Evolução das dancas no pavimento

km	H Equiv	Área Trilho	ATR (mm)
1	1200	1,200	2,9
5	1180	1,180	2,9
10	1160	1,160	2,9
15	1140	1,140	2,9
20	1120	1,120	2,9
25	1100	1,100	2,9
30	1080	1,080	2,9
35	1060	1,060	2,9
40	1040	1,040	2,9
45	1020	1,020	2,9
50	1000	1,000	2,9
55	980	980	2,9
60	960	960	2,9
65	940	940	2,9
70	920	920	2,9
75	900	900	2,9
80	880	880	2,9
85	860	860	2,9
90	840	840	2,9
95	820	820	2,9
100	800	800	2,9
105	780	780	2,9
110	760	760	2,9
115	740	740	2,9
120	720	720	2,9

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Carro - Material		Afundamento da Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO ARMADO	0,00
2	LAJE DE CONCRETO	1,00
3	ALCANTARALAS E/OU OUTROS MATERIAIS	4,00
4	SOLUÇÕES	1,00

Nome Material	Atenuamento da Tensão da Ponta (mm)
Alumínio da da Tensão da Ponta (mm)	64

Deflexões

Abaixo estão as deflexões da fibra em cada sensor, para os materiais alumínio e aço, para as cargas de 100, 150 e 200 kg, para as deflexões de 10, 20 e 30 mm, e para as deflexões de 40, 50 e 60 mm.

Deflexões da fibra em 10 mm em cada sensor da [FIBRA 100-10-10-10-10-10-10-10-10-10](#)

Equipamento	Sensor 1 0 mm	Sensor 2 20 mm	Sensor 3 30 mm	Sensor 4 40 mm	Sensor 5 50 mm	Sensor 6 60 mm	Sensor 7 120 mm	Sensor 8 150 mm	Sensor 9 180 mm
Materiais: Fibra 100 mm Carga 100 kg	21	37	30	21	18	17	16	6	5
FCD Cabo 100 mm Carga 10 kg	25	16	16	11	8	6	6	4	3

Deflexões da fibra em 20 mm em cada sensor da [FIBRA 200-20-20-20-20-20-20-20-20-20](#)

Equipamento	Sensor 1 0 mm	Sensor 2 20 mm	Sensor 3 30 mm	Sensor 4 40 mm	Sensor 5 50 mm	Sensor 6 60 mm	Sensor 7 120 mm	Sensor 8 150 mm	Sensor 9 180 mm
Materiais: Cabo 120 mm Carga 20 kg	28	28	29	26	17	14	10	7	4
FCD Cabo 150 mm Carga 40 kg	40	25	17	1	5	5	4	3	3

Deflexões da fibra em 30 mm em cada sensor da [FIBRA 300-30-30-30-30-30-30-30-30-30](#)

Equipamento	Sensor 1 0 mm	Sensor 2 20 mm	Sensor 3 30 mm	Sensor 4 40 mm	Sensor 5 50 mm	Sensor 6 60 mm	Sensor 7 120 mm	Sensor 8 150 mm	Sensor 9 180 mm
Materiais: Fibra 150 mm Carga 30 kg	31	52	30	21	17	17	16	6	5
FCD Cabo 150 mm Carga 10 kg	25	16	16	11	8	6	6	4	3

Deflexões da fibra em 40 mm em cada sensor da [FIBRA 400-40-40-40-40-40-40-40-40-40](#)

Equipamento	Sensor 1 0 mm	Sensor 2 20 mm	Sensor 3 30 mm	Sensor 4 40 mm	Sensor 5 50 mm	Sensor 6 60 mm	Sensor 7 120 mm	Sensor 8 150 mm	Sensor 9 180 mm
Materiais: Cabo 120 mm Carga 40 kg	30	41	26	21	17	12	10	6	4
FCD Cabo 150 mm Carga 40 kg	20	25	16	1	3	5	4	3	3

Programa MeDINA [ver más](#)

[View all posts by Dr. David M. Williams](#)

Análisis de sentimientos

Facebook and a whole lot more.

© 2011 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 270: 103–110

[Home](#) [About us](#) [Contact us](#) [Privacy Policy](#)

Age Group	Percentage
18-24	~10%
25-34	~35%
35-44	~25%
45-54	~20%
55-64	~15%
65-74	~10%
75-84	~5%
85+	~2%

[Send this page to a friend](#) | [Feedback](#) | [Help](#) | [Contact Us](#) | [Privacy Policy](#) | [Terms of Use](#) | [About Us](#)

[Return to the top of the page](#)

Algunos rasgos de Tillys de 'bata' por los siglos XVIII y XIX en el periodo 1870-1900.

ALERTAS

- © 2006 The Authors
Journal compilation © 2006 Blackwell Publishing Ltd

El 2002, el 80 por ciento de las personas que pertenecen a las comunidades indígenas en el país, que en su mayoría pertenecen a las zonas rurales, no tienen acceso a los servicios básicos de salud. En consecuencia, la falta de acceso a los servicios de salud es una de las principales causas de la alta mortalidad infantil y materna en el país. En consecuencia, la falta de acceso a los servicios de salud es una de las principales causas de la alta mortalidad infantil y materna en el país. En consecuencia, la falta de acceso a los servicios de salud es una de las principales causas de la alta mortalidad infantil y materna en el país.

Estrutura do pavimento

[illegible]

Definição do tráfego

Indicador de tráfego: taxa de crescimento do tráfego (TRM) (Tabela 1.2.1)
Indicador de tráfego: coeficiente de distribuição (K) (Tabela 1.2.2)
Número de passageiros anual do tipo passageiro (passageiros) (P₀) (Tabela 1.2.3)
Coeficiente de distribuição de passageiros (K) (Tabela 1.2.4)
Número de passageiros anual do tipo passageiro na faixa de largura (P₀) (Tabela 1.2.5)
Taxa de crescimento do tráfego (TRM) (Tabela 1.2.6)
Número de passageiros anual do tipo passageiro na faixa de largura (P₀) (Tabela 1.2.7)

Item	Tipos	TRM	Coeficiente (K)	P ₀	P ₀
1	Coeficiente de distribuição	100%	0,20	1000	1000

Evolução dos danos no pavimento

Item	TRM	Coeficiente (K)	Área Trilhada	TRM (mm)
1	1,000 (100%)	0,20	1,000	0,1
2	2,000 (200%)	0,20	2,000	0,2
3	3,000 (300%)	0,20	3,000	0,3
4	4,000 (400%)	0,20	4,000	0,4
5	5,000 (500%)	0,20	5,000	0,5
6	6,000 (600%)	0,20	6,000	0,6
7	7,000 (700%)	0,20	7,000	0,7
8	8,000 (800%)	0,20	8,000	0,8
9	9,000 (900%)	0,20	9,000	0,9
10	10,000 (1000%)	0,20	10,000	1,0
11	11,000 (1100%)	0,20	11,000	1,1
12	12,000 (1200%)	0,20	12,000	1,2
13	13,000 (1300%)	0,20	13,000	1,3
14	14,000 (1400%)	0,20	14,000	1,4
15	15,000 (1500%)	0,20	15,000	1,5
16	16,000 (1600%)	0,20	16,000	1,6
17	17,000 (1700%)	0,20	17,000	1,7
18	18,000 (1800%)	0,20	18,000	1,8
19	19,000 (1900%)	0,20	19,000	1,9
20	20,000 (2000%)	0,20	20,000	2,0
21	21,000 (2100%)	0,20	21,000	2,1
22	22,000 (2200%)	0,20	22,000	2,2
23	23,000 (2300%)	0,20	23,000	2,3
24	24,000 (2400%)	0,20	24,000	2,4
25	25,000 (2500%)	0,20	25,000	2,5
26	26,000 (2600%)	0,20	26,000	2,6
27	27,000 (2700%)	0,20	27,000	2,7
28	28,000 (2800%)	0,20	28,000	2,8
29	29,000 (2900%)	0,20	29,000	2,9
30	30,000 (3000%)	0,20	30,000	3,0

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Item	Material	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	CONCRETO (C20)	0,1
2	ASfalto (A1)	0,2

Caso: Alameda		Abundancia de Trilhos de Rodas (mm)
1	400 + 800 + 110 + 100 + 200 + 100	5,40
2	400 + 100	1,40
Abundancia de Trilhos de Rodas (mm)		6,80

Deflexões

As deflexões foram medidas durante a execução dos ensaios de compressão e foram de 0,3 mm por metro e 0,4 mm por metro, respectivamente. Os valores foram arredondados para cima para fins de comparação com os dados de deflexão de 0,5 mm por metro e 0,6 mm por metro, respectivamente.

Deflexões esperadas (0,3) em metros por metro de comprimento: 0,300000 ACTUALIZADO = 0,300000 0,300000

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 40 cm	Sensor 4 60 cm	Sensor 5 80 cm	Sensor 6 100 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 140 cm	Sensor 9 160 cm
Velocidade de Rotação 100 rpm Comprimento 100 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Deflexão Rotação 100 rpm Comprimento 100 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Deflexões esperadas (0,4) em metros por metro de comprimento: 0,400000 ACTUALIZADO = 0,400000 0,400000

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 40 cm	Sensor 4 60 cm	Sensor 5 80 cm	Sensor 6 100 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 140 cm	Sensor 9 160 cm
Velocidade de Rotação 100 rpm Comprimento 100 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Deflexão Rotação 100 rpm Comprimento 100 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Deflexões esperadas (0,6) em metros por metro de comprimento: 0,600000 ACTUALIZADO = 0,600000 0,600000

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 40 cm	Sensor 4 60 cm	Sensor 5 80 cm	Sensor 6 100 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 140 cm	Sensor 9 160 cm
Velocidade de Rotação 100 rpm Comprimento 100 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Deflexão Rotação 100 rpm Comprimento 100 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Deflexões esperadas (0,5) em metros por metro de comprimento: 0,500000 ACTUALIZADO = 0,500000 0,500000

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 40 cm	Sensor 4 60 cm	Sensor 5 80 cm	Sensor 6 100 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 140 cm	Sensor 9 160 cm
Velocidade de Rotação 100 rpm Comprimento 100 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Deflexão Rotação 100 rpm Comprimento 100 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Deployment	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
With Acoustic Emission Capable Data	98	75	75	71	2	5	4	4	4

Programa MediNa

Atividade realizada para Projeto de Curso de Engenharia de Estruturas - 2023

Análise do pavimento

Programa: MediNa

Características:

Resposta em função da carga de projeto:

Cálculo do pavimento realizado com o auxílio do software desenvolvido pelo Departamento de Engenharia de Estruturas do MediNa

Tipo de piso: Sistema Asfáltico Finalizado

Índice de Qualidade (IQ) = 95%

Profundidade de corte = 12,5 cm

Características do material: 1,27 (M) (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M)

Características do material: 1,27 (M) (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M)

Características do material: 1,27 (M) (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M) 2,5 (M)

ALERTAS

Atividade realizada para Projeto de Curso de Engenharia de Estruturas - 2023

A Atividade de Engenharia de Estruturas, realizada no âmbito do curso de Engenharia de Estruturas, tem como objetivo principal a análise e o dimensionamento de estruturas de concreto armado, sob a influência de cargas permanentes e variáveis. A atividade é realizada em um ambiente de aprendizagem, onde os alunos são orientados a utilizar o software MediNa para a análise e o dimensionamento de estruturas de concreto armado, sob a influência de cargas permanentes e variáveis. A atividade é realizada em um ambiente de aprendizagem, onde os alunos são orientados a utilizar o software MediNa para a análise e o dimensionamento de estruturas de concreto armado, sob a influência de cargas permanentes e variáveis.

A Atividade de Engenharia de Estruturas, realizada no âmbito do curso de Engenharia de Estruturas, tem como objetivo principal a análise e o dimensionamento de estruturas de concreto armado, sob a influência de cargas permanentes e variáveis. A atividade é realizada em um ambiente de aprendizagem, onde os alunos são orientados a utilizar o software MediNa para a análise e o dimensionamento de estruturas de concreto armado, sob a influência de cargas permanentes e variáveis.

Estrutura do pavimento

Camada (Material)	Espessura (cm)	Índice de Qualidade (IQ)	Índice de Qualidade (IQ)
1. CONCRETO ARMADO (100 kg/m³)	100	Excellente (IQ = 95%)	95%
2. CIMENTO (100 kg/m³)	100	Excellente (IQ = 95%)	95%
3. CIMENTO (100 kg/m³)	100	Excellente (IQ = 95%)	95%
4. CIMENTO (100 kg/m³)	100	Excellente (IQ = 95%)	95%

Material

1 - 001.010-01.000 10 5 20 5 20

[illegible]

2. [Hauptkategorie: Technik, Natur und Umwelt - Anwendungsgebiete](#)

[illegible]

© 2001 Blackwell Science Ltd *Journal of Internal Medicine* 250: 361–368

Propriedades	Modelos
Tamanho da Matriz = 1000x1000 Tempo CPU = 10s $ECT = Confid_{max} = 0.05$ $ECT = Indica_{max} = 0.57$ Tamanho da Matriz de Indica = 10 Limite de Iterações = 10 Tamanho da Matriz de Indica = 1000 Número de Regras de Confid = 10000	Tamanho da Matriz de Indica = 10 Modelo: $sp = p[0] \wedge p[1] \wedge p[2] \wedge p[3] \wedge p[4]$ Confidância de Segregação da regra p[0] = 0.40 Confidância de Segregação da regra p[1] = 0.10 Confidância de Segregação da regra p[2] = 0.04 Confidância de Segregação da regra p[3] = 0.04 Confidância de Segregação da regra p[4] = 0.04

• **UNITO 5: 3500 N5**

Propriedades	Modelos
Forma da caixa: retangular (Sala de aula) ou quadrada (Laboratório)	Forma da caixa: retangular (Laboratório)
Tempo de teste: 10 min	Tempo de teste: 10 min (para o teste de 100 pontos)
MTBF (Mean Time Between Failures): 100 h	MTBF (Mean Time Between Failures): 100 h
MTTF (Mean Time To Failure): 100 h	MTTF (Mean Time To Failure): 100 h
MTTR (Mean Time To Repair): 10 h	MTTR (Mean Time To Repair): 10 h
Unidade de medida: 100	Unidade de medida: 100
Grandeza da quantidade: Normal	Grandeza da quantidade: Normal
Norma de Engenharia: ISO 9001:2015	Norma de Engenharia: ISO 9001:2015

Definição do trabalho

Valor a 100 dias da taxa de juros da taxa de juros (TJPM) (Taxa) = 14,44
 Fator de correção do ano de abertura do negócio (Fa) = 1,00
 Número de meses para anos (n) e o período (t) em anos (Series) = 5
 Valor da taxa fixa do projeto (R0%)
 Número de meses para anos (n) e o período (t) em anos (Series) = 5
 Taxa de rendimento da taxa de juros (R0%)
 Número de meses para anos (n) e o período (t) em anos (Series) = 5

Item	Tipo	R0	Longo (Ano)	R0	R0
1	Costa e custo de ocupação	10,0%	1,00	10,0%	10,0%

Evolução das dadas na pirâmide

Item	Item	Item	R0
	450,00 - 04	1,00%	4,5
1	500,00 - 05	2,00%	5,0
12	600,00 - 06	3,00%	6,0
13	650,00 - 07	4,00%	6,5
21	700,00 - 08	5,00%	7,0
22	750,00 - 09	6,00%	7,5
23	800,00 - 10	7,00%	8,0
31	850,00 - 11	8,00%	8,5
32	900,00 - 12	9,00%	9,0
33	950,00 - 13	10,00%	9,5
41	1,000,00 - 14	11,00%	10,0
42	1,050,00 - 15	12,00%	10,5
43	1,100,00 - 16	13,00%	11,0
51	1,150,00 - 17	14,00%	11,5
52	1,200,00 - 18	15,00%	12,0
53	1,250,00 - 19	16,00%	12,5
61	1,300,00 - 20	17,00%	13,0
62	1,350,00 - 21	18,00%	13,5
63	1,400,00 - 22	19,00%	14,0
71	1,450,00 - 23	20,00%	14,5
72	1,500,00 - 24	21,00%	15,0
73	1,550,00 - 25	22,00%	15,5
81	1,600,00 - 26	23,00%	16,0
82	1,650,00 - 27	24,00%	16,5
83	1,700,00 - 28	25,00%	17,0
91	1,750,00 - 29	26,00%	17,5
92	1,800,00 - 30	27,00%	18,0
93	1,850,00 - 31	28,00%	18,5

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Item	Item	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	1,000,00 - 04	0,4
2	1,050,00 - 05	0,5
3	1,100,00 - 06	0,6
4	1,150,00 - 07	0,7

Ques. Material	Añadamiento de Teflón a la Bola (ppm)
Adición máxima de Teflón al Bolo (ppm)	5,4

Deflexões

As Deflexões são medidas feitas com o bala de 20 mm, com o sensor de deflexão em função da velocidade e a posição real/fictícia do bala de acordo com o sensor utilizado. A Deflexão é dada em milímetros e é função da velocidade.

Deflexões esperadas (0,01 mm) em condições de teste de **CONCRETO - 40x40x120 - 140 graus 90 golpes**

Equipamento de	Sensor 1 8 mm	Sensor 2 20 mm	Sensor 3 33 mm	Sensor 4 45 mm	Sensor 5 60 mm	Sensor 6 80 mm	Sensor 7 100 mm	Sensor 8 150 mm	Sensor 9 180 mm
Vigilância de bala									
Rato = 100 mm	11	24	25	26	18	14	12	8	8
Corpo = 90 mm									
FAC									
Fato = 150 mm	15	7	15	1	5	6	4	3	3
Corpo = 40 mm									

Deflexões esperadas (0,01 mm) em condições de teste de **2+TRB 101 40x100x120 - Polio Concrete - 140 graus 125**

Equipamento de	Sensor 1 8 mm	Sensor 2 20 mm	Sensor 3 33 mm	Sensor 4 45 mm	Sensor 5 60 mm	Sensor 6 80 mm	Sensor 7 100 mm	Sensor 8 150 mm	Sensor 9 180 mm
Vigilância de bala									
Rato = 100 mm	18	27	30	22	17	7	10	3	8
Corpo = 90 mm									
FAC									
Rato = 100 mm	14	5	11	17	6	5	1	6	6
Corpo = 50 mm									

Deflexões esperadas (0,01 mm) em condições de teste de **40x40x120x120 - 140 graus 125**

Equipamento de	Sensor 1 8 mm	Sensor 2 20 mm	Sensor 3 33 mm	Sensor 4 45 mm	Sensor 5 60 mm	Sensor 6 80 mm	Sensor 7 100 mm	Sensor 8 150 mm	Sensor 9 180 mm
Vigilância de bala									
Rato = 100 mm	47	46	26	27	17	12	14	6	8
Corpo = 90 mm									
FAC									
Rato = 100 mm	12	25	16	14	8	5	7	6	4
Corpo = 100 mm									

Deflexões esperadas (0,01 mm) em condições de teste de **2+TRB 101 40x100x120 - Polio Concrete - 140**

Equipamento de	Sensor 1 8 mm	Sensor 2 20 mm	Sensor 3 33 mm	Sensor 4 45 mm	Sensor 5 60 mm	Sensor 6 80 mm	Sensor 7 100 mm	Sensor 8 150 mm	Sensor 9 180 mm
Vigilância de bala									
Rato = 100 mm	42	47	26	27	17	12	14	6	8
Corpo = 90 mm									
FAC									
Fato = 150 mm	10	25	16	1	3	5	4	3	3
Corpo = 40 mm									

[Get all the links you need here](#)

Propriedades:	Modelos:
Equação: $Y = a + bX + e$ Minimo quadrado ordinário (MQO) Estatística de teste: $F(1, 10) = 1,26$ Valor de significância: 0,32 Estatística de teste: $T(10) = 1,02$ Valor de significância: 0,33 Fator de correlação: -0,32 Intervalo de confiança: 95% para 0,32 Intervalo de predição: 95% para 0,32 Intervalo de propagação: 95% para 0,32	Modelos de regressão: Modelo de regressão: $Y = 0,32X + 0,32$ Estatística de teste: $F(1, 10) = 1,26$ Valor de significância: 0,32 Estatística de teste: $T(10) = 1,02$ Valor de significância: 0,33 Fator de correlação: -0,32 Intervalo de confiança: 95% para 0,32 Intervalo de predição: 95% para 0,32 Intervalo de propagação: 95% para 0,32

2. 计算结果: $\text{Euler}(\text{Graph}[G]) = 25$

[illegible]

5. <http://www.fishbase.org> ALTISO DU 40C 1300x 50 x 2 mm 14 boxes 10/12

[illegible]

• SUBMIT TO: slurks@slurks.com

[illegible]

Definição de Enfoques

Volume 14 de 17 páginas sobre as estruturas de pilares (7/24/17) em 11/12/25
Volume 15 sobre os efeitos de interação de 1º e 2º ordem (12/17/25)
Volume 16 sobre as propriedades de materiais de 1º e 2º ordem (13/25/25)
Volume 17 sobre as propriedades de 1º e 2º ordem (14/25/25)
Volume 18 sobre as propriedades de 1º e 2º ordem (15/25/25)
Volume 19 sobre as propriedades de 1º e 2º ordem (16/25/25)
Volume 20 sobre as propriedades de 1º e 2º ordem (17/25/25)

Item	Descrição	PP	Tempo (horas)	PP	PP
1	Construção de 1º e 2º ordem	11/17	11/17	11/17	11/17

Evolução dos dados no pavimento

Item	Descrição	Área (m²)	Área (m²)
1	11/17/25	11/17	11/17
2	11/17/25	11/17	11/17
3	11/17/25	11/17	11/17
4	11/17/25	11/17	11/17
5	11/17/25	11/17	11/17
6	11/17/25	11/17	11/17
7	11/17/25	11/17	11/17
8	11/17/25	11/17	11/17
9	11/17/25	11/17	11/17
10	11/17/25	11/17	11/17
11	11/17/25	11/17	11/17
12	11/17/25	11/17	11/17
13	11/17/25	11/17	11/17
14	11/17/25	11/17	11/17
15	11/17/25	11/17	11/17
16	11/17/25	11/17	11/17
17	11/17/25	11/17	11/17
18	11/17/25	11/17	11/17
19	11/17/25	11/17	11/17
20	11/17/25	11/17	11/17
21	11/17/25	11/17	11/17
22	11/17/25	11/17	11/17
23	11/17/25	11/17	11/17
24	11/17/25	11/17	11/17
25	11/17/25	11/17	11/17
26	11/17/25	11/17	11/17
27	11/17/25	11/17	11/17
28	11/17/25	11/17	11/17
29	11/17/25	11/17	11/17
30	11/17/25	11/17	11/17
31	11/17/25	11/17	11/17
32	11/17/25	11/17	11/17
33	11/17/25	11/17	11/17
34	11/17/25	11/17	11/17
35	11/17/25	11/17	11/17
36	11/17/25	11/17	11/17
37	11/17/25	11/17	11/17
38	11/17/25	11/17	11/17
39	11/17/25	11/17	11/17
40	11/17/25	11/17	11/17
41	11/17/25	11/17	11/17
42	11/17/25	11/17	11/17
43	11/17/25	11/17	11/17
44	11/17/25	11/17	11/17
45	11/17/25	11/17	11/17
46	11/17/25	11/17	11/17
47	11/17/25	11/17	11/17
48	11/17/25	11/17	11/17
49	11/17/25	11/17	11/17
50	11/17/25	11/17	11/17
51	11/17/25	11/17	11/17
52	11/17/25	11/17	11/17
53	11/17/25	11/17	11/17
54	11/17/25	11/17	11/17
55	11/17/25	11/17	11/17
56	11/17/25	11/17	11/17
57	11/17/25	11/17	11/17
58	11/17/25	11/17	11/17
59	11/17/25	11/17	11/17
60	11/17/25	11/17	11/17
61	11/17/25	11/17	11/17
62	11/17/25	11/17	11/17
63	11/17/25	11/17	11/17
64	11/17/25	11/17	11/17
65	11/17/25	11/17	11/17
66	11/17/25	11/17	11/17
67	11/17/25	11/17	11/17
68	11/17/25	11/17	11/17
69	11/17/25	11/17	11/17
70	11/17/25	11/17	11/17
71	11/17/25	11/17	11/17
72	11/17/25	11/17	11/17
73	11/17/25	11/17	11/17
74	11/17/25	11/17	11/17
75	11/17/25	11/17	11/17
76	11/17/25	11/17	11/17
77	11/17/25	11/17	11/17
78	11/17/25	11/17	11/17
79	11/17/25	11/17	11/17
80	11/17/25	11/17	11/17
81	11/17/25	11/17	11/17
82	11/17/25	11/17	11/17
83	11/17/25	11/17	11/17
84	11/17/25	11/17	11/17
85	11/17/25	11/17	11/17
86	11/17/25	11/17	11/17
87	11/17/25	11/17	11/17
88	11/17/25	11/17	11/17
89	11/17/25	11/17	11/17
90	11/17/25	11/17	11/17
91	11/17/25	11/17	11/17
92	11/17/25	11/17	11/17
93	11/17/25	11/17	11/17
94	11/17/25	11/17	11/17
95	11/17/25	11/17	11/17
96	11/17/25	11/17	11/17
97	11/17/25	11/17	11/17
98	11/17/25	11/17	11/17
99	11/17/25	11/17	11/17
100	11/17/25	11/17	11/17

Análise de Afundamento de Trilha de Roda

Item	Descrição	Afundamento de Trilha de Roda (mm)
1	11/17/25	11/17
2	11/17/25	11/17
3	11/17/25	11/17
4	11/17/25	11/17

Forma (Material)	Epaisseur (mm)	Épaisseur du Fond (mm)	Caractère Particular
3 - Substrat Substrat	3 -	Fond de la base 140 - 150 mm	2/3

Matériau

1 - COUVERTURE ASPHALTIQUE 140 g/m² 20 g/pe

Propriétés	Matériau
Epaisseur 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe	Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe Matériau de base 140 g/m² 20 g/pe

2 - COUVERTURE ASPHALTIQUE EXISTENTE Couvert. Asphalt. Exist. Ad.

Propriétés	Matériau
Epaisseur de base 140 g/m² 20 g/pe Epaisseur de base 140 g/m² 20 g/pe Epaisseur de base 140 g/m² 20 g/pe Epaisseur de base 140 g/m² 20 g/pe Epaisseur de base 140 g/m² 20 g/pe Epaisseur de base 140 g/m² 20 g/pe Epaisseur de base 140 g/m² 20 g/pe Epaisseur de base 140 g/m² 20 g/pe	

3 - COUVERTURE ASPHALTIQUE Couvert. Asphalt. Exist. Ad.

Propriétés	Matériau
Epaisseur de base 140 g/m² 20 g/pe Epaisseur de base 140 g/m² 20 g/pe Epaisseur de base 140 g/m² 20 g/pe Epaisseur de base 140 g/m² 20 g/pe Epaisseur de base 140 g/m² 20 g/pe	

4 - COUVERTURE ASPHALTIQUE Couvert. Asphalt. Exist. Ad.

Propriétés	Matériau
------------	----------

Propriedades	Modelos
Modulo de elasticidade (Johansen)	
Modulo de elasticidade (24g)	
IRP - Densidade (24g)	
Coefficiente de atrito do tráfego (24g)	
Conversão	

Ex.: 1.000.000.000.000.000

Propriedades	Modelos
Modulo de elasticidade (Johansen)	
Modulo de elasticidade (24g)	
IRP - Densidade (24g)	
Coefficiente de atrito do tráfego (24g)	
Conversão	

Definição do tráfego

Velocidade média do veículo em movimento em m/s $V_m = 1,667$

Velocidade média do veículo em movimento em m/s $V_m = 1,667$

Módulo de elasticidade do material em MPa $E = 20.000$

Módulo de elasticidade do material em MPa $E = 20.000$

Módulo de elasticidade do material em MPa $E = 20.000$

Módulo de elasticidade do material em MPa $E = 20.000$

Módulo de elasticidade do material em MPa $E = 20.000$

Obs. Tipo	PC	Carga (ton)	PC	PC
1. Carga máxima de tráfego	1000	1000	1000	1000

Evolução dos danos no pavimento

Mm	Módulo	Carga (ton)
1	1.000.000.000.000.000	1.000
5	1.000.000.000.000.000	1.000
10	1.000.000.000.000.000	1.000
15	1.000.000.000.000.000	1.000
20	1.000.000.000.000.000	1.000
25	1.000.000.000.000.000	1.000
30	1.000.000.000.000.000	1.000
35	1.000.000.000.000.000	1.000
40	1.000.000.000.000.000	1.000
45	1.000.000.000.000.000	1.000
50	1.000.000.000.000.000	1.000
55	1.000.000.000.000.000	1.000
60	1.000.000.000.000.000	1.000
65	1.000.000.000.000.000	1.000
70	1.000.000.000.000.000	1.000
75	1.000.000.000.000.000	1.000
80	1.000.000.000.000.000	1.000
85	1.000.000.000.000.000	1.000
90	1.000.000.000.000.000	1.000
95	1.000.000.000.000.000	1.000
100	1.000.000.000.000.000	1.000

MM	MEquív	Área Triángulo
28	1.025m ²	18.27%
34	1.165m ²	19.17%
40	1.305m ²	19.46%
46	1.445m ²	21.75%
52	1.585m ²	21.77%
58	1.725m ²	21.28%
64	1.865m ²	21.28%
70	1.905m ²	20.34%

Deflexões

As deflexões foram calculadas considerando as condições reais de uso do pavimento, sendo as deflexões obtidas de acordo com o programa de análise de pavimentos desenvolvido pelo Engenheiro Roberto Carlos Almeida, disponível em: <http://www.cemtec.ufpr.br/~cemtec/engenharia/engenharia.htm>

Os resultados das deflexões (D) em mm para os pontos de medição (D1-D7) e (D8-D10) são apresentados a seguir:

Equipamento	Seção 1 D1-D2	Seção 2 D3-D4	Seção 3 D5-D6	Seção 4 D7-D8	Seção 5 D9-D10	Seção 6 D11-D12	Seção 7 D13-D14	Seção 8 D15-D16	Seção 9 D17-D18
Magalhães com Nivelamento e Carga de 50 kg	57	51	71	71	15	14	11	7	7
Magalhães com Nivelamento e Carga de 10 kg	21	15	15	11	7	7	1	1	1

Propriedades	Modelos
$M_{Ed} = 100000 \text{ N.m}$	
$M_{Ed} = 100000 \text{ N.m}$	
$M_{Ed} = 100000 \text{ N.m}$	
$\text{Coef. de Variação do Modelo } CV = 0,1$	
$\text{Coeficiente } \alpha = 1$	

5.1.3.3. Substituição de materiais

Propriedades	Modelos
$M_{Ed} = 100000 \text{ N.m}$	
$M_{Ed} = 100000 \text{ N.m}$	
$M_{Ed} = 100000 \text{ N.m}$	
$\text{Coef. de Variação do Modelo } CV = 0,1$	
$\text{Coeficiente } \alpha = 1$	

Definição do tráfego

Volume Médio Diário de veículos de passagem por dia: $N_{VMD} = 1000$
 Percentagem de veículos de passagem de categoria I: $P_I = 1,0\%$
 Número de veículos por ano: $N_{VPA} = 365 \times N_{VMD} = 365000$
 Número de veículos de passagem de categoria I: $N_{VPI} = 3650$
 Número de veículos de passagem de categoria II: $N_{VPII} = 365000 - N_{VPI} = 364635$
 Número de veículos de passagem de categoria III: $N_{VPIII} = 365000 - N_{VPI} - N_{VPII} = 364635$
 Número de veículos de passagem de categoria IV: $N_{VPIV} = 365000 - N_{VPI} - N_{VPII} - N_{VPIII} = 364635$

Ido Tipo	IC	Carga (ton)	IC	PI
1 - Camionetes de 2,5 toneladas	10%	2,5	10%	1,0%

Evolução dos danos no pavimento

MPa	M Equivalente	Gravidade
1	1,75 MPa	1,50%
2	2,25 MPa	2,50%
12	1,10 MPa	1,50%
18	1,80 MPa	1,40%
24	1,30 MPa	1,80%
30	1,40 MPa	6,80%
36	1,50 MPa	7,50%
42	1,70 MPa	6,40%
48	2,40 MPa	6,90%
54	2,60 MPa	10,50%
60	2,80 MPa	10,50%
66	2,90 MPa	15,40%
72	3,00 MPa	1,20%

Watt	Wattage	Power demands
10	1.22Watt/0.1	1% 10%
20	2.57Watt/0.1	5% 20%
30	3.92Watt/0.1	7% 30%
40	5.28Watt/0.1	11% 40%
100	13.7Watt/0.1	20% 60%
150	2.05Watt/0.1	31% 75%
170	2.08Watt/0.1	35% 85%
175	2.15Watt/0.1	40% 90%

Deflexions

As the temperature increases the deflection increases due to the increase in the temperature. As the deflection increases, the deflection force also increases and the deflection force is the sum of the deflection force and the deflection force. The deflection force is the sum of the deflection force and the deflection force.

Deflection force is the sum of the deflection force and the deflection force. The deflection force is the sum of the deflection force and the deflection force.

Equipment for	Sensor 1 0 mm	Sensor 2 20 mm	Sensor 3 40 mm	Sensor 4 60 mm	Sensor 5 80 mm	Sensor 6 100 mm	Sensor 7 120 mm	Sensor 8 140 mm	Sensor 9 160 mm
Deflection force Force (N) and Force (N) for	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Deflection Force (N) and Force (N) for	10	20	30	40	50	60	70	80	90

Master line

1.24: From 1D to 3D

[illegible]

© 2004 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 255: 105–112

[illegible]

1-800-451-7246 • www.fox.com • www.fox.com • www.fox.com

Preparation	Reference
1,4-Dichlorobenzene (DCB)	[1]
1,4-Dichlorobenzene (DCB) + H_2	[2]
1,4-Dichlorobenzene (DCB) + H_2 + H_2O	[3]
1,4-Dichlorobenzene (DCB) + H_2 + H_2O + H_2S	[4]
1,4-Dichlorobenzene (DCB) + H_2 + H_2O + H_2S + H_2SO_4	[5]
1,4-Dichlorobenzene (DCB) + H_2 + H_2O + H_2S + H_2SO_4 + H_2SO_3	[6]

4. <http://www.courts.ca.gov/> California Courts

Pre-projetos	Realizados
Ministério da Saúde (MS) - 1	
Ministério da Saúde (MS) - 1	
MS - Conselho Nacional de Saúde - 1	
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) - 1	
Governo do Estado - 1	

Deflexões

As deflexões permitidas das vigas de madeira são as seguintes, definidas a partir das deflexões de um tipo de vigas de madeira com uma deflexão máxima permitida de 1/200 da luz da viga, para as seguintes condições:

1. Vigas de madeira com uma deflexão máxima permitida de 1/200 da luz da viga, para as seguintes condições:

Equipamento	Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4	Seção 5	Seção 6	Seção 7	Seção 8	Seção 9
	6 cm	20 cm	18 cm	45 cm	90 cm	90 cm	120 cm	150 cm	180 cm
Alça (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Seção (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Alça (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Seção (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Alça (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Seção (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Preparativos	Modelos
Valor médio de V_{45} em m^3/dia ; Valor médio de V_{45} em m^3/dia ; V_{45} - volume médio por dia; Coef. de variação do tráfego de V_{45} ; Comentário:	
5 - SUBSTITUIÇÃO DE LAMINADO	
Valor médio de V_{45} em m^3/dia ; Valor médio de V_{45} em m^3/dia ; V_{45} - volume médio por dia; Coef. de variação do tráfego de V_{45} ; Comentário:	

Definição do tráfego

- Valor médio de V_{45} em m^3/dia de abertura do tráfego entre 07h e 17h;
 - Fator de redução de pico de abertura do tráfego $F_{45} = 1,00$;
 - Número de passagem anual do eixo pesado F_{45} em $\text{m}^3/\text{dia} = 35$;
 - Coeficiente de redução de projeto 100% ;
 - Número de passagem anual do eixo pesado variável de projeto F_{45} em $\text{m}^3/\text{dia} = 35$;
 - Taxa de crescimento de tráfego $0,00\%$;
 - Número de passagem de eixo pesado em m^3/dia de abertura do tráfego F_{45} em $\text{m}^3/\text{dia} = 35$.

Item / Tipo	FA	Garagem (ano)	FA	FA
1 - Desdobramento de rede de água	100%	0,00	100%	100%

Evolução dos danos no pavimento

Mile	Milequê	Área (m ²)
1	4.000m ²	1.25%
4	2.000m ²	0,50%
10	2.000m ²	0,50%
15	2.000m ²	0,40%
24	1.000m ²	0,30%
33	1.000m ²	0,30%
36	1.000m ²	0,30%
42	1.000m ²	0,30%
45	2.000m ²	0,50%
54	2.000m ²	0,50%
63	2.000m ²	0,50%
66	2.000m ²	0,50%
72	2.000m ²	0,50%

Altura	Velocidade	Gravidade
93	2,020m/s	10,00%
94	2,020m/s	10,00%
95	2,040m/s	10,00%
96	2,040m/s	10,00%
97	2,060m/s	10,00%
98	2,060m/s	10,00%
99	2,080m/s	10,00%
100	2,080m/s	10,00%
101	2,100m/s	10,00%
102	2,100m/s	10,00%

Deflexões

As deflexões foram obtidas para cada ponto de observação, considerando o ponto de origem como sendo o ponto de partida da rede, e a deflexão é dada por:

Deflexão = ângulo de sight - ângulo de azimute, calculado de 00°00'00"00" para 180°00'00"00". Os dados são os seguintes:

Equipamento	Estação 1 00,00m	Estação 2 20,00m	Estação 3 40,00m	Estação 4 60,00m	Estação 5 80,00m	Estação 6 100,00m	Estação 7 120,00m	Estação 8 140,00m	Estação 9 160,00m
Uso Estacionar	15	1	25	25	15	14	11	8	2
Estação 15,00m									
Estação 20,00m									
Estação 40,00m									
Estação 60,00m									
Estação 80,00m									
Estação 100,00m									
Estação 120,00m									
Estação 140,00m									
Estação 160,00m									