

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL – DECA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

AMANDA ALVES CAVALCANTE

PATOLOGIA EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

JOÃO PESSOA

2021

AMANDA ALVES CAVALCANTE

PATOLOGIA EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como pré-requisito obrigatório para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Aline

JOÃO PESSOA

2021

**Catálogo na publicação Seção de Catalogação
e Classificação**

C376p Cavalcante, Amanda Alves.

Patologia em pavimentos flexíveis / Amanda AlvesCavalcante. - João
Pessoa, 2021.
39 f. : il.

Orientação: ALINE FLAVIA NUNES REMIGIO ANTUNES.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Patologias. 2. Pavimentos. 3. Rodovias. I.
ANTUNES,
ALINE FLAVIA NUNES REMIGIO. II. Título.

UFPB/BSCT

CDU 624 (043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

AMANDA ALVES CAVALCANTE

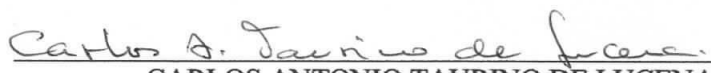
PATOLOGIA EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso em 06/12/2021 perante a seguinte Comissão Julgadora:



ALINE FLAVIA NUNES REMIGIO ANTUNES
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



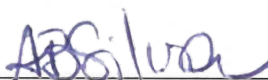
CARLOS ANTONIO TAURINO DE LUCENA
UFPB

APROVADO



CLOVIS DIAS
UFPB

APROVADO



Prof.ª Andrea Brasiliano Silva
Matrícula Siape: 1549557
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos. Aos meus pais e irmã, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho. Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso. Às pessoas com quem convivi ao longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica.

RESUMO

A má execução dos pavimentos resulta no aumento do aparecimento de defeitos que causam insegurança e desconforto aos usuários. Com o intuito de mudar tal cenário é necessário o estudo mais aprofundado das principais patologias encontradas nos pavimentos. O presente trabalho tem como objetivo principal fazer análise destas patologias mais recorrentes em pavimentos flexíveis e do uso de geossintéticos como alternativa de reforço em pavimentos, por meio de uma revisão bibliográfica. Como metodologia foi utilizada a pesquisa de revisão bibliográfica, de caráter exploratório e descritivo com abordagem qualitativa. Patologias como exsudação, desgaste e escorregamento tem a principal causa de ocorrência problemas com a massa ligante, a exsudação ocorre devido a altas temperaturas, já o desgaste surge por ações de intempéries e o escorregamento vem por falhas construtivas e pinturas de ligação. As fendas e fissuras decorrem do excesso de cargas atuantes sobre a superfície do asfalto. Panelas e Buracos são patologias decorrentes dessas patologias citadas anteriormente, onde ocorrem rupturas estruturais que avançam camada por camada. Apesar da geografia propicia para o surgimento de patologias, um aumento do controle da qualidade na execução dos pavimentos, bem como manutenções preventivas e corretivas são capazes de manter os pavimentos asfálticos em condições de segurança adequada para os usuários utilizarem.

Palavras-Chave: Patologias. Pavimentos. Rodovias.

ABSTRACT

The bad executions of the pavements results in the increased of defects that cause insecurity and discomfort to travelers. In order to change this scenario, it is necessary to study further the main pathologies found in the pavements. The main goal of this article is to make an analysis of these more recurrent pathologies in flexible pavements. As methodology, the research of bibliographic review, exploratory and descriptive with qualitative approach was used. Pathologies such as exudation, wear and slipping have the main cause of occurrence problems with the bonding mass, exudation occurs due to high temperatures, since wear arises by weather actions and slippage comes by constructive failures and bonding paints. The slits and cracks result from the excess of loads on the surface of the asphalt. "Pans" and Holes are pathologies arising from these pathologies mentioned previously, where structural ruptures that advance layer by layer occur. Despite the geography provides for the emergence of pathologies, an increase in quality control in the execution of pavements, as well as preventive and corrective maintenance are able to keep asphalt pavements in adequate safety conditions for users to use.

Keywords: Pathologies. Pavements. Highways.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Camada de pavimentos

Figura 2: Pavimento Flexível

Figura 3: Distribuição de tensões

Figura 4: Exsudação de Pavimentos

Figura 5: Desgaste

Figura 6: Escorregamento

Figura 7: Trinca transversal

Figura 8: Trinca longitudinal

Figura 9: Retração

Figura 10: Couro de Jacaré

Figura 11: Bloco

Figura 12: Panelas ou buracos

Figura 13: Rodeira

Figura 14: Geossintéticos

Figura 15: Tipos de Geossintéticos

Figura 16: Recalque

Figura 17: Energia de Fratura

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Patologias

Quadro 2: Características dos Geossintéticos utilizados na pesquisa

Quadro 3: Resultados e Eficiência

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Defeitos

Tabela 2: Aplicações Geossintéticos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 GERAL	12
2.2 ESPECÍFICOS.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1 DEFINIÇÕES DE PAVIMENTO	14
3.1.1 Pavimentos Flexíveis.....	15
3.2 PATOLOGIAS	16
3.2.1 Patologias no pavimento flexível.....	17
3.3 PRINCIPAIS PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	18
3.4 GEOSSINTÉTICOS	25
3.4.1 Tipos de Geossintéticos e Aplicações	25
3.4.2 Benefícios dos Geossintéticos	28
3.5 PRINCIPAIS TIPOS DE GEOSSINTÉTICOS UTILIZADOS EM PAVIMENTOS ...	29
4. RESULTADOS.....	30
4.1 TRATAMENTO E RECUPERAÇÃO DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	30
4.1.1 Tratamento De Desgaste De Superfície.....	30
4.1.2 Tratamento Do Escorregamento	30
4.1.3 Tratamento Da Exsudação	30
4.1.4 Tratamento De Trincas, Fendas e Fissuras	31
4.1.5 Tratamento Panelas e Buracos	31
4.1.6 Tratamento De Rodeiras e Trilhos.....	31
4.1.7 Tratamento De Trincas De Retração, Tipo Bloco e Tipo Couro de Jacaré.....	31
4.2 SUB-BASE	32
4.2.1 Sub-base De Solo Melhorada com o uso de Geossintético	32
4.3 GEOTEXTEIS E GEOGRELHAS EM OBRAS RODOVIÁRIAS.	33

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
6. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	35
REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

Bernucci (2006) classifica o pavimento como uma estrutura de diversas camadas que são constituídas após a terraplanagem e sua principal função é resistir aos esforços que surgem do tráfego e os efeitos oriundos das intempéries, devendo assegurar o conforto, segurança e economia de seus usuários.

Ao decorrer do tempo às estradas começam a apresentar degradação do pavimento e defeitos, tais processos acabam sendo acelerado devido a projetos insatisfatórios de terraplanagem e pavimentação, além do uso de materiais de má qualidade e da falta da elaboração de um sistema de drenagem adequado, o mesmo é crucial durante mudanças de tempo naturais e ainda pode-se citar a falta de manutenção adequada.

De acordo com pesquisas realizadas pela Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2016), mostram que as rodovias federais no Brasil, cresceram somente cerca de 10% ao decorrer de 10 anos e também relata que existe uma grande parcela dos trechos pavimentados que não estão em estado adequado de conservação. Com a análise realizada pela CNT, em 103.259 km, 58,2% apresentam danos e 48,3% receberam classificação como regular ruim ou péssimo.

Os pavimentos podem ser divididos como rígidos ou flexíveis, o pavimento flexível sendo ele composto por diversas camadas que sofrem deformação elástica significativa. Analisando suas características patológicas, comento uso de geossintéticos, compreender os fatores que acarretam as origens dos defeitos mais comuns nas pistas de rolamento, aperfeiçoamento do conhecimento técnico no sentido de identificar, corrigir e manter uma via trafegável, possibilitando o funcionamento adequado.

No Brasil as rodovias são de suma importância para a economia brasileira, pois representam o modo de transporte mais usual no país, tanto para cargas quanto para o tráfego de modo geral. Com as estradas em um bom estado de conservação as eficiências nestes transportes aumentam e isso acarreta uma série de benefícios, tais como: Rapidez no percurso, com pistas em bom estado não será necessário redução drástica da velocidade permitida no trecho, resultando em mais rapidez no trajeto, segurança, sem danos nas pistas os riscos de acidentes diminuem, conforto, a viagem se torna mais confortável tendo em vista que o trajeto pode ser feito sem “surpresas”, e economia, visando que com pistas conservadas os danos causados aos veículos serão menores.

À medida que o pavimento vai sendo solicitado é comum que estas estruturas apresentem defeitos, próximo ao fim de sua vida útil. Esses defeitos ou patologias estão, geralmente, associados aos materiais empregados e ao comportamento mecânico que é particular de cada estrutura (MARQUES, 2014). É de suma importância que o engenheiro conheça a dinâmica dos esforços envolvidos no pavimento e conheça as suas influências na manifestação de patologias para saber quais procedimentos e tecnologias devem ser aplicadas nas etapas de manutenção. Realizar um estudo adequado nas patologias existentes em pavimentos é benéfico para prolongar a vida útil das rodovias tão usuais no dia a dia dos brasileiros.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

- Fazer uma análise das patologias mais comuns em pavimentos flexíveis e como o uso de geossintéticos pode ajudar na conservação da rodovia.

2.2 ESPECÍFICOS

- Citar as principais Patologias encontradas em pavimentos;
- Demonstrar como identificar as causas de devidas patologias e discorrer acerca dos devidos reparos e também sobre os benefícios do uso de geossintéticos

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DEFINIÇÕES DE PAVIMENTO

O pavimento apresenta em suas composições camadas de diferentes espessuras que variam conforme a sua usabilidade. Solanki e Zaman (2017) definem que o dimensionamento da espessura de cada camada depende de fatores como os estudos de tráfego, estudos geotécnicos e materiais a serem utilizados.

A função técnica da estrutura de um pavimento se resume a resistir e distribuir os esforços verticais provenientes do tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança e resistir aos esforços horizontais de desgaste, tornando a superfície de rolamento mais durável (FALEIROS 2005, p.13).

A Figura 1 demonstra a seção transversal de um pavimento de 14 metros de largura, objetivando apresentar de forma detalhadas suas principais camadas.

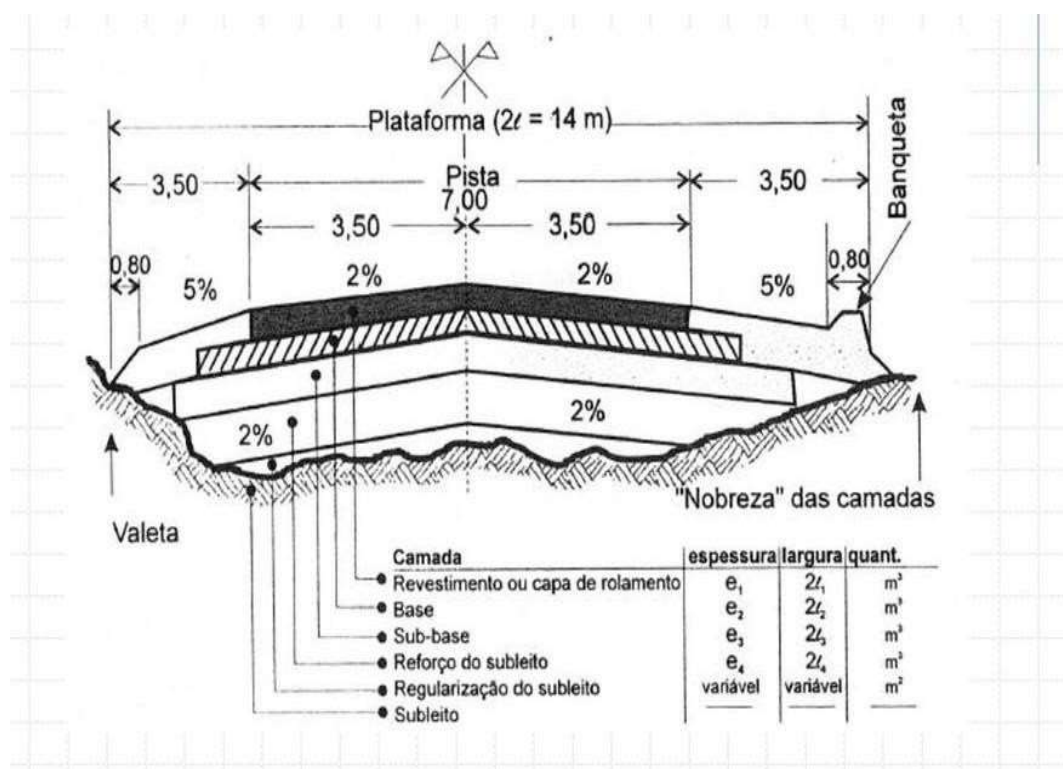


Figura 1: Camada de pavimentos

Fonte: FALEIROS (2005 p.15)

3.1.1 Pavimentos Flexíveis

O Departamento nacional de infraestrutura de transporte define como pavimento flexível aquele cuja camada superficial é asfáltica, possui revestimento, apoiado em camadas de base e sub-base e também reforço do subleito, construída por materiais granulares, misturas de solo ou solo, não possui adição de agentes endurecedores e sobre carregamento sofre deformação elástica em todas as camadas, sendo assim a carga é distribuída em parcelas que se equivalem entre si e as pressões são concentradas (BRASIL, 2006) (DNIT, 2006).

De acordo com a Figura 2 podemos observar como os esforços são distribuídos na base e no subleito:

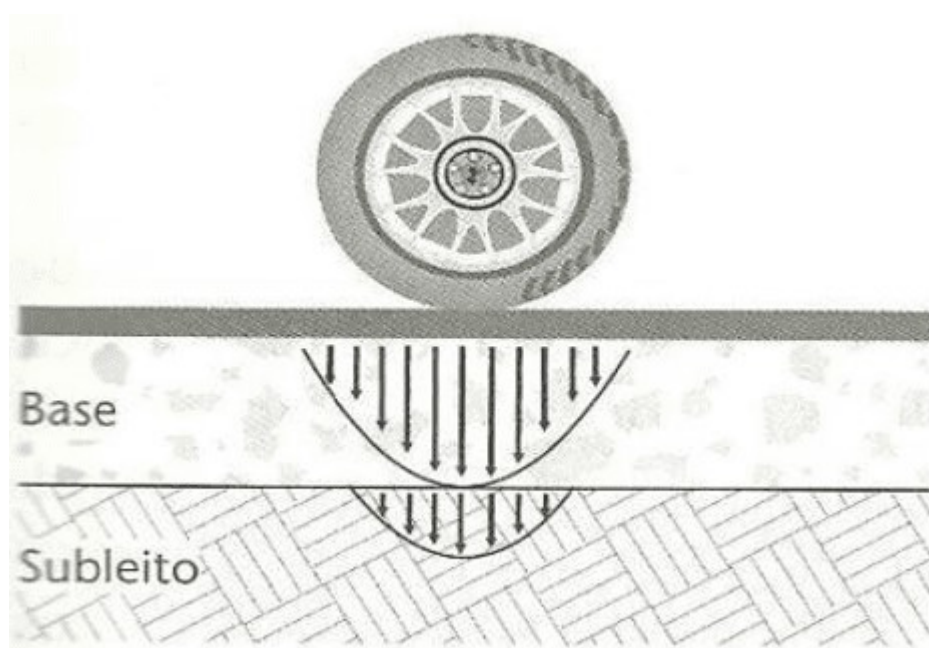


Figura 2: Pavimento Flexível

Fonte: DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes (2006 p.50).

A deformação elástica sofrida pelo pavimento flexível é chamada no meio rodoviário de deflexão, ou seja, é o fenômeno da absorção de esforços ocorrendo de formas divididas verticalmente, consequentemente ocorrendo entre as camadas inferiores que estão concentradas no local ou próximo onde a carga está sendo aplicada (SILVA, 2008).

Para utilização de pavimentos flexíveis comumente é exigido que fossem constituídos de grandes espessuras, por conta do uso de matérias deformáveis e a concentração de aplicação das cargas, com isso as espessuras grossas asseguram que as tensões do solo de fundação sejam menores que a resistência do mesmo. Com a baixa coesão das camadas que é característica de pavimentos flexíveis ocorrem deformações que acarretam em depressões localizadas, com profundidades superficiais, na Figura 3 apresenta-se a distribuição dessas tensões em um pavimento flexível quando comparado a um rígido (PINTO, 2003).

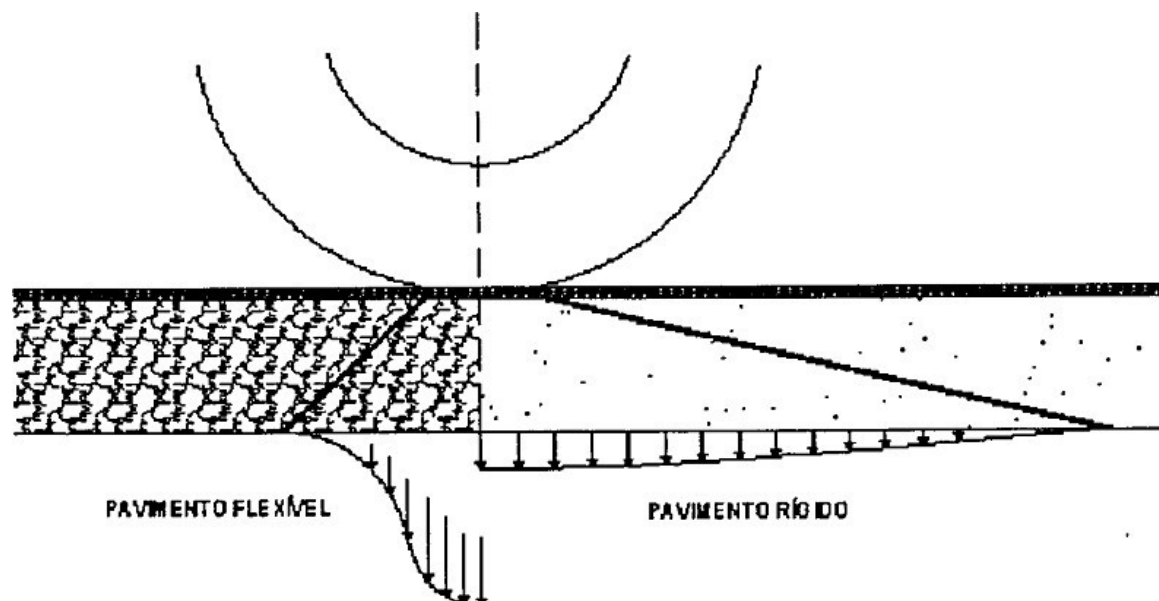


Figura 3: Distribuição de tensões
Fonte: PINTO (2003 p. 22)

É possível observar na Figura 3 que no pavimento flexível existe uma zona concêntrica cujo seu raio é pequeno e localizado verticalmente em relação ao centro de carga, suas pressões são localizadas e o que se entende que neste tipo de pavimento as pressões concentram-se no ponto de aplicação das cargas (BERNUCCI, 2010).

De acordo com levantamentos realizados acerca de materiais utilizados em pavimentos flexíveis os agregados correspondem a 95% do revestimento, ou seja, é o principal responsável por transmitir e também suportar as cargas a ele aplicadas pelas solicitações da rodovia (veículos, pedestre, etc). O asfalto que é o material betuminoso é responsável por 5% do revestimento e tem função de aglutinante e impermeabilizante. Entre os revestimentos para pavimentos flexíveis no mercado também se destacam as misturas usinadas se refere as mesmas como uma mistura de agregados que são ligantes e feitas em usinas estacionárias que posteriormente serão encaminhadas para o seu local de utilização, vale ressaltar também que no Brasil o CAUQ (concreto asfáltico usinado a quente) é um dos tipos mais utilizados e procurados (BERNUCCI, 2010).

3.2 PATOLOGIAS

Na medicina as patologias referem-se às enfermidades sofridas pelo paciente, na engenharia civil não é tão diferente assim, as patologias na construção civil também são consideradas enfermidades, porém sofridas de modo geral por danos a edificação.

3.2.1 Patologias no pavimento flexível

A identificação de patologias é realizada através de modificações da estrutura ou da superfície do pavimento que causam alterações no desempenho do mesmo (CASTRO, 2009). Podem-se considerar as manifestações patológicas que são encontradas em pavimentos flexíveis como: Defeitos de superfície, degradações superficiais ou degradações. Os defeitos de superfícies ocorrem quando existe exposição de ligantes e agregados ou quando há o desprendimento de tais materiais. As degradações superficiais geralmente acontecem ainda durante o processo construtivo do pavimento, afeta diretamente a composição granulométrica dos agregados, ou seja, faz com que as misturas granulométricas realizadas in loco sejam diferentes das projetadas o que acarreta comprometimento estrutural. As deformações ocorrem por conta da indevida compactação complementar de camadas, e também outro motivo é a ruptura por cisalhamento (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2003).

De acordo com o manual de pavimentos asfálticos a manutenção das rodovias que modo geral devem ser sistematizadas e continuadas, tendo por objetivo comum a garantir que a função da mesma seja mantida e que seus usuários possam usufruir de um tráfego seguro, confortável e viável economicamente (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2006).

As classificações das patologias encontradas em pavimentos diferenciam-se entre imperfeições funcionais, ou seja, quando há comprometimento no desempenho funciona do pavimento pra realizar as suas funções proporcionadas aos usuários. Já as imperfeições estruturais que acontecem quando a avaliação estrutural de pavimentos consiste na análise das medidas de deslocamentos verticais recuperáveis da superfície do pavimento quando submetido a determinado carregamento (CASTRO, 2009).

Observa-se na Tabela 1 exemplos de defeitos funcionais e defeitos estruturais.

DEFEITOS FUNCIONAIS	DEFEITOS ESTRUTURAIS
Exsudação de asfalto	Afundamento
Subida de finos	Ondulações
Escorregamento do Revestimento Asfáltico	Trilhas de rodas ou rodeiras
Fendas	

Tabela 1: Defeitos

Fonte: DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes (2003 p 40).

As nomenclaturas utilizadas para defeitos são definidas pelo DNIT (Departamento nacional de infraestrutura e transporte), determinadas no ano de 2003.

Os defeitos encontrados nas rodovias são utilizados para um cálculo que tem como função indicar a qualidade da superfície do pavimento em análise, representado pela sigla IGG (índice de gravidade global). Os principais indicadores de qualidade do pavimento são: Fendas, subidas de finos, escorregamento, exsudações, desgaste, rodeiras e trilhas de rodas. As mesmas também são as principais patologias encontradas em pavimentos do tipo

flexível e a seguir serão explicadas (DNIT-Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2003).

3.3 Principais patologias em pavimentos flexíveis

As patologias encontradas em pavimentos do tipo flexíveis serão demonstradas e exemplificadas. Inicialmente será dissertado sobre Exsudação do asfalto. A exsudação do asfalto caracteriza-se como um fenômeno que ocorre devido a dilatação do asfalto no calor, acontece na superfície do pavimento e ocasiona a dificuldade em ocupar espaço devido ao baixo volume de vazios, existindo uma menor viscosidade no pavimento, redução da macro textura e envolvimento dos agregados esfeços, se encontra de forma brilhante, devido ao excesso de ligante betuminoso (BERNUCCI, 2006). A Figura 4 demonstra a patologia denominada de exsudação.



Figura 4: Exsudação de Pavimentos

Fonte: BERNUCCI (2006 p 25)

Associa-se o desgaste ao tráfego e os fenômenos naturais, ou seja, o intemperismo, mas também é resultado de falhas em ligações nas misturas betuminosas, de uso de matérias de procedência duvidosa e erros de execução de projeto. Quando existe avanço rápido no desgaste se entende que há degradação dos agregados que é consequência do tráfego do local, que ocasiona uma aspereza superficial. Na Figura 5, observa-se em (A) a Degradação da camada por desgaste; em (B) observa-se a desagregação de agregado; em (C) observa-se o deslocamento e perda de agregado; em (D) observa-se o polimento de agregado.

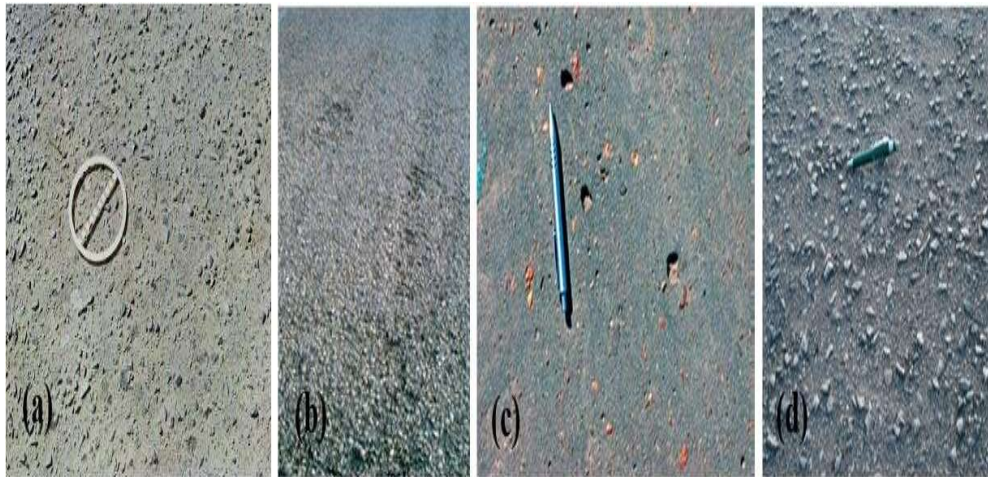


Figura 5: Desgaste

Fonte: BERNUCCI (2006 p 30)

O escorregamento do revestimento betuminoso consiste na má aderência da massa asfáltica dentre as camadas de revestimento e subjacentes, com isso podem se formar trincas em formato de meia-lua. O deslocamento do revestimento em relação à base é conhecido como escorregamento, os principais responsáveis por tal fenômeno são os veículos, pelo seu peso e frenagem (SILVA 2008). A Figura 6 demonstra como a patologia denominada escorregamento danifica a rodovia.



Figura 6: Escorregamento

Fonte: SILVA (2008 p 38)

As fendas segundo o Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, são definidas como qualquer descontinuidade na superfície do pavimento que incida o surgimento de novas aberturas de maior ou menor porte. Com a possibilidade de se apresentar de diversas maneiras as fendas são divididas da seguinte forma:

- **FISSURAS:** Consideradas fendas de largura capilar que está presente no revestimento podendo estar posicionada tanto longitudinal ou transversal e até obliquamente no eixo do pavimento, outra característica é que a mesma é perceptível somente á vista desarmada e em uma distância menor de 1,50m.

As trincas consistem em uma fenda existente no revestimento externo do pavimento que são facilmente visíveis, se apresentam com a abertura superior a fissura e se divide em trinca isolada ou interligada (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2003).

Trincas do tipo isoladas se dividem em três grupos as trincas isoladas transversais, longitudinais e de retração.

- **TRINCAS TRANSVERSAIS:** Consistem em um tipo de trinca que apresenta uma direção isolada que localizada ortogonalmente ao eixo do pavimento. Conforme sua característica de extensão pode ser denominada trinca transversal curta quando apresentar 10m de comprimento e trinca transversal longa quando apresentar mais de 10m de comprimento (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2003). A Figura 7 apresenta trincas transversais em pavimentos flexíveis.



Figura 7: Trinca transversal

Fonte: DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes (2003 p 55)

- **TRINCAS LONGITUDINAIS:** Se refere a uma trinca paralela ao eixo do pavimento, pode ser denominada trinca longitudinal curta e longa, curta quando apresentar extensão de até 10m e longa quando maior (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2003). A figura 8 é um exemplo de trinca longitudinal.



Figura 8: Trinca longitudinal
Fonte: DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes (2003 p 56).

- **TRINCA DE RETRAÇÃO:** As trincas de retração se atribuem aos fenômenos de retração térmica, intempéries ou até do material de revestimento de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2003). A Figura 9 apresenta trincas do tipo retração.



Figura 9: Retração
Fonte: DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes (2003 p 57).

As trincas interligadas se referem às fissuras existentes na face externa no pavimento que não possuem definição exata de sentido e se dividem em trinca tipo couro de jacaré e trinca tipo bloco.

- **TRINCA TIPO “COURO DE JACARÉ”:** Se refere ao conjunto de trincas que se ligam paralelamente e se assemelham ao couro de um jacaré por isso possuem essa

denominação, tais trincas apresentam ou não uma acentuada erosão nas suas bordas (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2003).

A Figura 10 apresenta um pavimento com trincas do tipo couro de jacaré.



Figura 10: Couro de Jacaré

Fonte: DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes (2003 p 58).

- **TRINCA TIPO “BLOCO”:** Se refere às trincas interligadas por blocos bem definidos apresentando ou não algum tipo de erosão presente nas bordas (DNIT - Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2003). A Figura 11 demonstra um pavimento com a patologia denominada de trincas tipo bloco.



Figura 11: Bloco

Fonte: DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes (2003 p 59).

SILVA (2008) alega em sua tese que os veículos não resultam em problemas estruturais e sim redução no atrito, tal fato que compromete a segurança aumentando o risco de acidentes. Os outros fatores contribuintes para as fendas são: camadas granulares sem capacidade de suporte; camada superficial com elevada rigidez e utilização de materiais de má qualidade. Os tipos mais comuns de fendas são as trincas couro de jacaré ou pele de crocodilo, trincas isoladas de retração, trincas em bloco, trincas longitudinais, trincas transversais e trincas de bordo (PINTO, 2003).

A patologia denominada panelas ou buracos é considerado como a evolução de patologias subjacentes como fendas, desgastes e a falta de aderência entre camadas com isso formam-se um buraco no revestimento com o risco de ultrapassar a base (PINTO, 2003).

A Figura 12 apresenta a patologia denominada de panela ou buraco.



Figura 12: Panelas ou buracos

Fonte: DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes (2003 p 60).

A patologia denominada rodeira ou trilhas de rodas normalmente são causadas pelas cargas produzidas pelo tráfego que causam consolidação ou movimento lateral nos materiais do pavimento, devido as intempérie, principalmente altas temperaturas ou capacidade de carga excedida às camadas do pavimento que funcionam como fundações não conseguem suportar a carga e então formam as rodeiras de grandes raios (PINTO, 2003).

A Figura 13 demonstra a patologia denominada rodeira.



Figura 13: Rodeira

Fonte: DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes (2003 p 61).

No Quadro 1 é possível observar o resumo de todos os defeitos apresentados e suas condições e classificações.

Anexo A (normativo)

Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3

OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP	
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP	
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC	
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC	
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O
Escorregamento (do revestimento betuminoso)					E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento					EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento					D
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores					P
Remendos			Remendo Superficial		RS
			Remendo Profundo		RP

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.

FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.

FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

/Anexo B

Quadro 1: Patologia**FONTE:** DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes. (005/2003 TER)

3.4 GEOSSINTÉTICOS

Geossintéticos são definidos como um produto plano fabricado que é feito a base de materiais polímeros sintéticos ou naturais, usados sempre em contato com maciços naturais, como solos ou rochas. Destaca-se entre as diversas funções do uso dos geossintéticos a sua grande capacidade observada na separação, filtração, drenagem reforço, contenção de fluidos e gases e por fim controle de corrosivos (DNIT- Departamento nacional de infraestrutura e transportes 2009).

Na Figura 14 é apresentado o procedimento de melhoramento do solo com o uso de geossintéticos do tipo geogrelha.

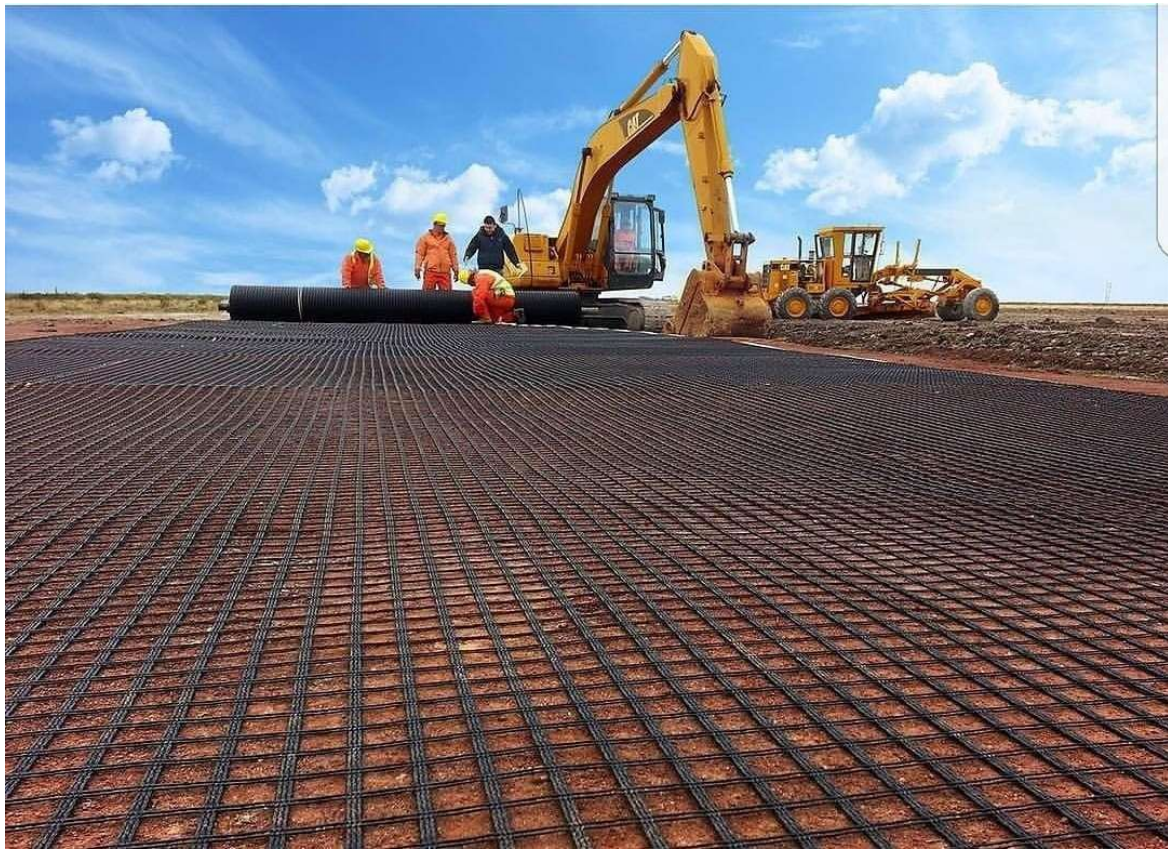


Figura 14: Geossintéticos.

Fonte: DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes (2009).

3.4.1 Tipos de Geossintéticos e Aplicações

A Figura 15 apresenta os tipos de geossintéticos existentes.



Figura 15: Tipos de Geossintéticos
Fonte: Koerner, 1998

a) Geotêxteis

São tapetes contínuos feitos de fibras, filamentos ou tecidos macios e permeáveis. Eles são usados em aplicações de separação, proteção, filtração, drenagem, reforço e controle de erosão (BATHURST, 2013).

b) Geogrelhas

Eles são geossintéticos em forma de grade. A principal aplicação da geogrelha é no reforço do solo (BATHURST, 2013).

c) Georredes

Eles são um material de aparência semelhante a uma grade, formado por dois conjuntos de membros extrudados paralelos que se cruzam em um ângulo constante. Possui alta porosidade ao longo do plano e é usado para conduzir fluidos ou gases de alto fluxo (BATHURST, 2013).

d) Geomembranas

Consiste em mantas contínuas e flexíveis construídas a partir de um ou mais materiais sintéticos. Apresentam baixíssima permeabilidade e são usadas como barreiras para fluidos, gases ou vapores (BATHURST, 2013).

d) Geocompostos

São geossintéticos formados pela associação de dois ou mais tipos de geossintéticos como, por exemplo: geotêxtil-georrede; geotêxtil-geogrelha; georrede-geomembrana ou geocomposto argiloso (GCL). Geocompostos drenantes pré-fabricados ou geodrenos são constituídos por um núcleo plástico drenante envolto por um filtro geotêxtil (BATHURST, 2013).

e) Geocompostos argilosos (GCL's)

São geocompostos fabricados com uma camada de bentonita geralmente incorporada entre geotêxteis de topo e base ou ligadas a uma geomembrana ou a uma única manta de geotêxtil. Atuam efetivamente como barreira para líquido ou gás e são comumente usados em aterros sanitários em conjunto com geomembranas (BATHURST, 2013).

f) Geotubos

São tubos poliméricos perfurados ou não usados para drenagem de líquidos ou gases (incluindo coleta de chorume ou gases em aplicações de aterros sanitários). Em alguns casos o tubo perfurado é envolvido por um filtro geotêxtil (BATHURST, 2013).

f) Geoexpandido

São blocos ou placas produzidos por meio da expansão de espuma de poliestireno para formar uma estrutura de baixa densidade. Ou seja, o geoexpandido é usado para isolamento térmico, como um material leve em substituição a aterros de solo ou, sonretudo, como uma camada vertical compressível para reduzir pressões de solo sobre muros rígidos (BATHURST, 2013).

A Tabela 2 apresenta o emprego de alguns geossintéticos para atender as suas funções nos projetos.

GEOSSINTÉTICO	APLICAÇÃO						
	REFORÇO	FILTRAÇÃO	DRENAGEM	PROTEÇÃO	SEPARAÇÃO	IMPERMEABILIZAÇÃO	CONTORLE DE EROSÃO
GEOTÊXTIL	✓	✓	✓	✓	✓		✓
GEOGRELHAS	✓						
GEOMEMBRANA					✓		
GEOCOMPOSTOS	✓		✓			✓	
GEOBARRAS	✓					✓	
GEOESPACADORES			✓				
GEOTIRAS	✓						
GEORREDES			✓				
GEOTUBOS			✓				
GEOMANTAS						✓	✓
GEOCÉLULA	✓						✓

Tabela 2: Aplicações Geossintéticos

Fonte: Adaptada por SIERA 2013

3.4.2 Benefícios dos Geossintéticos

No Brasil, o emprego de geossintéticos, embora acelerado nas últimas duas décadas, no entanto, ainda pode ser considerado tímido em comparação ao de países desenvolvidos, e até inferior ao de países com economias ou extensões territoriais menores (BATHURST, 2013). As principais razões para o contínuo crescimento de sua utilização em obras geotécnicas e de proteção ambiental segundo BATHURST, 2013 são:

- Contínuo aprimoramento e melhoria da qualidade dos geossintéticos para uso em obras de engenharia;
- Redução de custos dos geossintéticos;
- Redução do tempo de execução de obras;
- Melhoria das metodologias de projeto, resultados de pesquisas e observações de casos históricos com geossintéticos;
- Facilidade de transporte para regiões remotas ou com escassez de materiais naturais;
- Custo competitivo quando comparado ao de soluções tradicionais de engenharia;
- Maior rigidez e controle de utilização de materiais naturais tradicionais em virtude de imposições de ordem ambiental;
- O uso de geossintéticos pode resultar em soluções de engenharia sustentáveis e com menores impactos ao meio ambiente.

Como é comum para novos materiais e técnicas construtivas, a utilização de geossintéticos em obras civis cresceu a uma velocidade muito superior à do desenvolvimento de pesquisas no assunto. A maioria das obras iniciais em que foram usados geossintéticos é notório que o

projeto foi executado de forma muito conservadora à luz do conhecimento atual (PIMENTEL, 2007).

3.5 Principais Tipos De Geossintéticos Utilizados Em Pavimentos

Os geossintéticos mais utilizados na pavimentação são geotêxteis e geogrelhas. Os principais benefícios de sua aplicação são o aumento da vida útil do pavimento e o reforço das camadas, assim, as principais funções de sua utilização são: reforço, separação, impermeabilização e / ou proteção das camadas que formam a estrutura (SARAIVA, 2006).

O Geotêxtil é um objeto têxtil bidimensional permeável, constituído por fibras cortadas, filamentos contínuos, monofilamentos, laminetes, formando estrutura tecida, não-tecido ou tricotada, onde suas propriedades mecânicas e hidráulicas permitem desempenho em várias funções em uma obra geotécnica. Para seu emprego em restauração de pavimentos flexíveis, são requisitos da NBR 10319/13 apresentar uma resistência à tração maior do que 7 kN/m, capacidade de retenção de ligante betuminoso maior do que 0,9 l/m² e ponto de amolecimento superior a 180 °C. Sua utilização como separador ou elemento filtrante em base, tem como função principal a prevenção de interpenetração do material de base na camada inferior (SARAIVA, 2006).

A Geogrelha é um elemento com estrutura em forma de grelha, com função preponderante de reforço, da qual a abertura permite interação do meio em que está confinado, que são constituídos por unidades resistentes a tração. Podem ser considerados unidirecional ou bidirecional a depender da direção que apresenta alta resistência à tração. Em função ao processo de fabricação, as geogrelhas podem ser soldadas, tecidas ou extrudadas [9]. De acordo com a NBR 10319/13 [13], para a utilização de geogrelhas em restauração de pavimentos flexíveis, devem apresentar uma resistência a tração superior que 50kN/m, deformação menor do que 12%, resistência a fadiga maior do que 90% de resistência retirada após 100.000 ciclos de carregamento, ponto de amolecimento acima de 180°C e a relação entre a abertura da malha e o diâmetro máximo do agregado deve está entre 2 a 10. (SARAIVA, 2006).

4 RESULTADOS

4.1 TRATAMENTO E RECUPERAÇÃO DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

De acordo com o manual de pavimentos asfálticos a manutenção das rodovias que modo geral, precisam ser sistematizadas e continuadas, tendo por objetivo comum a garantir que a função da mesma seja mantida e que seus usuários possam usufruir de um tráfego seguro, confortável e viável economicamente (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2006).

4.1.1 Tratamento De Desgaste De Superfície

Os defeitos de superfícies ocorrem quando existe exposição de ligantes e agregados ou quando há o desprendimento de tais materiais. As degradações superficiais geralmente acontecem ainda durante o processo construtivo do pavimento, afeta diretamente a composição granulométrica dos agregados, ou seja, faz com que as misturas granulométricas realizadas in loco sejam diferentes das projetadas o que acarreta comprometimento estrutural. As deformações ocorrem por conta da indevida compactação complementar de camadas, outro motivo é a ruptura por cisalhamento (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2003).

Associa-se o desgaste ao tráfego e os fenômenos naturais, ou seja, o intemperismo, mas também é resultado de falhas em ligações nas misturas betuminosas, de uso de matérias de procedência duvidosa e erros de execução de projeto. Quando existe avanço rápido no desgaste se entende que há degradação dos agregados que é consequência do tráfego do local, que ocasiona uma aspereza superficial. Como solução para tal patologia tem-se que fazer uma aplicação de um micro camada de revestimento asfáltico, sendo feito a frio e com composição de pó de pedra, emulsão de ruptura controlada (RC), cal para restabelecer a elasticidade e água (BERNUCCI, 2006).

4.1.2 Tratamento Do Escorregamento

Uma medida eficaz para combater o escorregamento é fresar a área, simultaneamente a recomposição da camada de rolamento. Outro ponto que deve ser observado é se há a presença de defeito no asfalto, pois se houver refere-se à base que provavelmente foi afetada, neste caso apenas o fresar e realizar a recomposição do pavimento não será suficiente, se fará necessária abertura da zona afetada e refazer toda a sua camada de rolamento e com isso resolver o problema de maneira correta (SILVA, 2008).

4.1.3 Tratamento Da Exsudação

Segundo Silva (2018) até pouco tempo atrás, acreditava-se que a ocorrência da exsudação acontecia principalmente devido às dosagens realizadas erroneamente, cujas taxas de ligante eram excessivas. De fato, uma dosagem adequada pode evitar esse tipo de defeito, mas não completamente, gerando a necessidade de investigar outros fatores. O que causa a exsudação é a elevada taxa de emulsão, o envolvimento excessivo do agregado e a perda de agregado devido a altas temperaturas.

A principal consequência é a perda da resistência a derrapagem. No Brasil, o Tratamento Superficial por Penetração (TSP) é um revestimento delgado (com espessura média de 5 a 20 mm), construído pelo espalhamento sucessivo de emulsão asfáltica e de agregado, seguido de compactação (LARSEN, 1985).

As principais funções do TSP são: proporcionar uma camada de rolamento com alta resistência ao desgaste; impermeabilizar as subcamadas do pavimento; conferir alta flexibilidade, a fim de acompanhar as deformações significativas da estrutura; aumentar a aderência pneu-pavimento e, por consequência, o nível de segurança da via e ser empregado como primeira camada de revestimentos para vias de tráfego mais leve. (SILVA 2018).

4.1.4 Tratamento De Trincas, Fendas E Fissuras

De acordo com YOSHIZANE (2005), a aplicação da capa selante é uma atividade em que consiste realizar apenas uma aplicação ligante com agregados, ou ligante asfáltico sobre a superfície do pavimento, com o principal objetivo de selar as trincas e consequentemente impedir a entrada de água.

Segundo manual de restauração do DNIT o recapeamento consiste na realização de uma sobreposição de uma ou mais camadas constituídas de uma mistura betuminosa, que dará ao pavimento um apoio estrutural mantendo apto a exercer um novo ciclo de vida.

O manual do DNIT traz também que a reconstrução do pavimento consiste na remoção da espessura total ou parcial do pavimento já executado e posteriormente realizando a execução de um novo pavimento.

4.1.5 Tratamento Panelas E Buracos

Balbo (2016) refere-se ao tratamento das panelas e buracos em pavimentos da seguinte maneira, inicialmente é refeita a frisação do pavimento com o intuito de recomposição da sua camada exterior denominada de capa ou base, esse processo é realizado através da aplicação do CBUQ - Concreto Betuminoso Usinado a Quente e após o processo espera o processo de cura findar-se, o que acontece em algumas horas. Esse tipo de patologia não apresenta dificuldade para tratamento.

Vieira (2011) defende que um método a ser utilizado para o tratamento da patologia do tipo panelas é o remendo que consiste em uma técnica utilizada para resolver o problema dos buracos. Deve-se remover o material original e substituir por um novo do mesmo tipo ou de características semelhantes. “Remendos existentes são em geral considerados falhas, já que refletem o mau comportamento da estrutura original, gerando normalmente incremento na irregularidade longitudinal”.

Como solução para determinada patologia se faz necessário fresar e recompor a base e aplicando o Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ (PINTO, 2003).

4.1.6 Tratamento De Rodeiras E Trilhos

O tratamento das rodeiras ou trilhos deve ser feito de acordo com a magnitude da patologia, KIRBAS 2016 relata que tal tratamento segue a seguinte ordem de execução retira-se a camada do pavimento que está sofrendo deformidade e a recompõem em seguida respeitando as etapas do processo construtivo do pavimento.

Araújo (2016) retrata que o tratamento das rodeiras e trilhas só pode ser feito mediante tratamento de recomposição de pavimento.

Para solucionar os problemas de rodeiras é necessário fresar a área afetada e em sequência realizar a recomposição da camada de rolamento o renovando (PINTO, 2003).

4.1.7 Tratamento Detrincas De Retração, Tipo Bloco E Tipo Couro De Jacaré:

Para findar a patologia de trincas de modo geral sela-se a trinca, porém se houver um tráfego intenso no local o ideal é o ideal seria fresar e recompor a camada de rolamento (BENUCCI, 2006).

Com o intuito de restabelecer o pavimento danificado pelas trincas é usualmente utilizado o método de recomposição da capa composta pelo concreto betuminoso usinado a quente- CBUQ, feito através da compactação mais efetiva do solo (PINTO, 2003).

4.2 SUB-BASE

A sub-base consiste em uma camada de pavimento complementar que tem como função principal o controle de deformações oriundas do piso, de forma a compatibilizar o comportamento mecânico das placas com o subleito composta por uma mistura de solo e pedregulhos compactados. (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2009).

De acordo BERNUCCI (2008) com o melhoramento da sub-base reduz em até 30% o surgimento de patologias no pavimento flexível, um método utilizado e aprovado pelo DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes consiste na utilização de cimento Portland na composição da sub-base.

4.2.1 Sub-Base De Solo Melhorado Com Uso De Geossintético:

A melhoria da sub-base consiste em uma mistura de solo o qual é adicionado cimento para melhoria, estabelecido pela norma DNIT 001/2009 – PRO que define a sistemática a ser executada na camada de sub-base quando está sendo empregado o cimento, o procedimento surge com o intuito de estabilizar o solo reduzindo sua capacidade de expansão; para este uso é necessário que o teor de cimento na mistura da sub-base (solo de pedregulhos compactado) esteja entre 2% até 4%, em relação a massa total da mistura. (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2009).

A norma DNIT 001/2009 – PRO discorre a respeito das condições estabelecidas para o uso de cimento na sub-base que são as seguintes:

- Em dias de chuva a execução de serviços relacionados a sub-base não deve ser permitida. (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2009).
- O carregamento de cimento que chegar até o local da execução deve estar acompanhado pelo certificado de ensaios de caracterização técnica, data de fabricação, a indicação clara de sua procedência, tipo e quantidade de seu conteúdo. (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2009).
- De maneira primordial dever ser implantada a sinalização adequada da obra, visando sempre a segurança no tráfego. (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2009).

Para a execução de acordo com a norma DNIT 001/2009 – PRO a mistura do solo com o cimento precisa ser preparada em laboratórios centrais de mistura, em seguida o material deve ser necessariamente distribuído e homogeneizado após a atuação de motoniveladora para obtenção da espessura da camada compactada que é definida pelo DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes como 10cm mínimos; A finalização da camada é feita a parti de rolos compactadores; em seguida inicia-se o processo denominado cura, nesta etapa a sub-base executada deve ser protegida da perda rápida da umidade por no mínimo 7 dias, este processo deve ser executado com Emulsão Asfáltica RR-2C ou Emulsão Asfáltica para Imprimação – EAI; Mesmo com o processo de curo finalizado a sub-base melhorada com cimento só pode ser reaberta ao tráfego com o controle de deflexão, pois o mesmo garantirá as condições adequadas sem que haja malefícios. (DNIT- Departamento Nacional de infraestrutura de transportes, 2009).

4.3 Geotexteis e Geogrelhas em obras rodovias

FERREIRO (2007) apresentou um estudo comparativo da eficiência de distintos tipos de geossintéticos que podem ser utilizados no reforço de base em obras rodovias para pavimentos. Realizou-se então um ensaio de arrancamento de pequeno porte, o ensaio consiste em execuções de diferentes combinações de solo e geossintéticos que possuem um novo sistema de medida direta de deslocamentos ao longo do teste com o auxílio de sensores óticos a laser. Foram utilizadas geogrelhas de polipropileno, poliéster e de fibras de vidro, além de geotêxtil tecido de polipropileno; O solo do subleito era composto de 58% de argila e a camada de base de pedregulho areno-siltoso. De acordo com o Quadro 2 é possível observar as características dos materiais geossintéticos empregados.

Reforço/Propriedade	Sentido de Fabricação	Geogrelha polipropileno	Geotêxtil polipropileno	Geogrelha Fibra de vidro	Geogrelha poliéster
Resistencia a tração MD (kN/m)	Longitudinal	12,4	70	50	29,2
	Transversal	19	70	50	29,2
Módulo de rigidez a 2% de deformação (kN/m)	Longitudinal	205	7000		365
	Transversal	330	965		365
Módulo de rigidez a 2% de deformação (kN/m)	Longitudinal	170	700		268
	Transversal	268	760		268
Abertura da malha (mm)	Longitudinal	25		22,5	25,4
	Transversal	33		30	25,4
Espessura do elemento (mm)	Transversal	0,76		1,5	1,5

Quadro 2: Características dos Geossintéticos utilizados na pesquisa

FONTE: Adaptada por FERREIRO 2007.

Com o resultado dos ensaios é possível analisar as curvas de arracamento x deslocamentos, utilizar gráficos rigidez x deformação para determinar o melhor geossintético no reforço de base de pavimentos. Os resultados mostraram que a interação solo-reforço é mais importante que a rigidez não-confinada do geossintético no comportamento do material em situação de confinamento no interior da estrutura. Finalizando os ensaios é possível observar que a melhor opção para os solos e geossintéticos estudados segue a ordem: 1º geogrelha de polipropileno; 2º geogrelha de poliéster; 3º geotêxtil tecido de polipropileno; 4º geogrelha de fibra de vidro (FERREIRO, 2007).

ANTENUS (2008), desenvolveu um ensaio em larga escala, buscou mostrar o comportamento mecânico de pavimentos rodoviários. solicitado por remessas cíclicas. O equipamento desenvolvido consistia em uma caixa de metal com dimensões de 1,60 m x 1,60 m por 1,20 m de altura, onde foram executados o subleito e o pavimento (este com 20 cm de cascalho). A caixa utilizada nos testes foi equipada com um sistema de reação e, junto com ela, um sistema hidráulico para aplicação de cargas, a fim de simular o carregamento de um eixo padrão com 80 kN. Foi utilizada uma frequência de aplicação de carga igual a 1 Hz. com e sem reforço de pavimento geossintético (um sem reforço, um reforçado com geogrelha de polipropileno com um módulo de rigidez à tração de 600 kN / m e outro com geotêxtil laminado de polipropileno com resistência à tração em ambas as direções igual a 80 kN / m) alocada na interface base / subleito do pavimento Depois de atingir uma deformação superficial permanente de 25 mm de profundidade, a superfície do pavimento foi restaurado e um novo ciclo de carga aplicado. Para a análise das respostas mecânicas do pavimento, vários instrumentos geotécnicos foram utilizados, são eles: extensômetros

elétricos, células de carga, termopares, células de voltagem total e LVDT's. Os pavimentos reforçados apresentaram comportamento mecânico significativamente melhor do que os não reforçados, levando em consideração o número de ciclos de carga que suportam até o intervalo, a relação de benefício de tráfego era maior que 2,8 para os testes de geotêxtil reforçado e 9,2 para geogrelhas, conforme mostrado na Tabela 3. A influência da restauração na superfície do pavimento no comportamento do conjunto, tanto reforçado como não reforçado, para subseqüentes ciclos de carregamento. O Quadro 3 evidencia as cargas observadas durante o ensaio.

Tipo de Ensaio	Número de ciclos de carga até alcançar o afundamento de 25 mm	Fator de Eficiência (calculado)
Sem Reforço- Padrão	30.720	-
Sem Reforço – Restauração 1	25.164	-
Sem Reforço – Restauração 2	19.470	-
- Reforçado com Geogrelha - Padrão	282.000	9,2
Reforçado com Geogrelha – Restauração 1	210.906	8,4
Reforçado com Geogrelha – Restauração 2	144.000	7,4
Reforçado com Geotêxtil - Padrão	85.044	2,8
Reforçado com geotêxtil – Restauração 1	58.698	2,3
Reforçado com geotêxtil – Restauração 2	45.073	2,3

Quadro 3: Resultados e Eficiência

FONTE: Adaptada por ANTENUS, 2008

KAKUDA, 2010 propôs o seguinte estudo, o desafio proposto foi o desenvolvimento, montagem e testes de grandes equipamentos para testes laboratoriais de estruturas pavimentadas com diversas configurações e condições de carregamento semelhantes às de campo, além de verificar o uso de geossintéticos como base de reforço de camada no efeito da variação de umidade do subleito. A aplicação do carregamento cíclico foi em placas rígidas com diâmetros de 216 mm e 300 mm, com amplitude de 20 kN e 40 kN, respectivamente, na frequência de 1 Hz. Para a obtenção dos resultados, a instrumentação necessária constou de LVDTs, células de carga e tensões totais, que permitem o controle das cargas aplicadas, tensões totais no interior das camadas e deformações elásticas / permanentes na superfície do pavimento. Para a preparação dos trechos testados do pavimento na caixa, foram utilizados dois solos e uma brita. Um dos dois solos foi utilizado como subleito, e o outro, juntamente com o cascalho, para uma composição solo-cascalho na proporção 30% e 70% respectivamente, sendo esta mistura utilizada na base. Como reforço de base, foi utilizada uma geogrelha biaxial, pesando 240 g / m², abertura de malha 40 mm x 40 mm e resistência à deformação de 5% nas duas direções de 24 kN / m. Pelas bacias de deflexão foi possível, por meio de retroanálise, determinar o módulo de resiliência dos materiais e a partir das curvas de descarga obter uma equação da deformação plástica em função do número de ciclos de carregamento.

A Figura 16 demonstra equação.

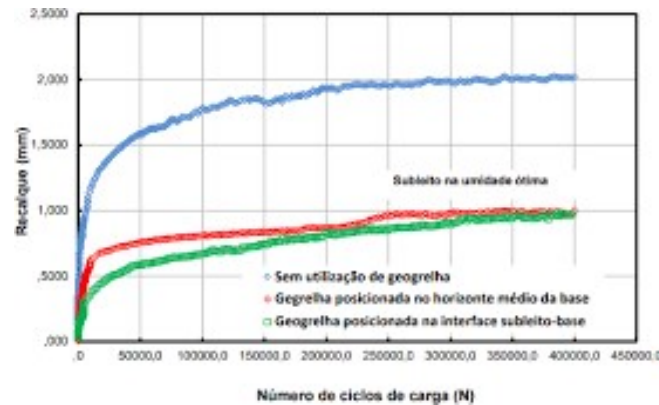


Figura 16: Recalque
Fonte: Kakuda, 2010

É possível observar que as curvas demonstram características semelhantes e para estabilizar os recalques é necessário cerca de 300.000 ciclos, para as três estruturas analisadas. Com a comparação de recalques apresentados após a aplicação dos 400.000 ciclos de carga, 2 mm e 1 mm, nessa ordem para as condições com e sem reforço, é fácil concluir que a introdução do material geossintético, independente do seu posicionamento no corpo de teste, proporciona uma redução das deformações permanentes na ordem de 50%, justificando o benefício do seu uso.

BASTOS et al, 2015 apresentou uma avaliação de misturas asfálticas as quais foram realizadas ensaios em corpos cilíndricos que tinham dimensões de 15 cm de diâmetro algumas reforçadas e outras não com diferentes tipos de geogrelhas de fibra de vidro com a resistência mecânica em 35 KN/m no seu sentido longitudinal e 70 KN/m no transversal e com a geogrelha de poliéster apresentando resistência à tração nominal de 50 KN/m em todos os sentidos. O ensaio denominado de tração em disco circular com fenda, normatizado pela ASTM D7313-07, tem o objetivo de medir a resistência ao faturamento de misturas asfálticas.

Com a finalização do ensaio os resultados obtidos foram os seguintes: Os corpos de prova que continham a camada intermediária de geogrelha apresentaram uma maior resistência a patologia denominada fratura, com notória melhoria no comportamento referente ao trincamento das amostras que estavam em análise. A Figura 17 demonstra onde a energia de fratura é maior para os corpos de prova com a presença de material geossintético.

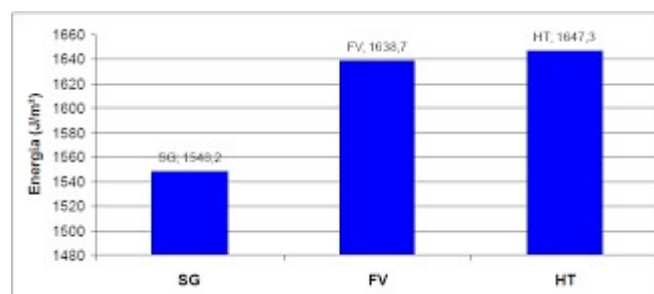


Figura 17: Energia de Fratura
Fonte: Bastos et al, 2015

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como a conservação e manutenção adequada e periódica o pavimento flexível apresenta vida útil estimada de 10 anos, porém no Brasil ainda há a escassez de manutenção correta das rodovias com isso grande parte das patologias existentes se alastram.

Um dos principais exemplos de patologia no pavimento asfáltico do Brasil são as trincas, pois sem a manutenção adequada facilitam a entrada de água para a fundação do pavimento e com isso geram buracos que comprometem a capacidade de rolamento da via pavimentada e também causam a redução da segurança no tráfego.

Se ressalta a falta de fiscalização, tanto nos processos construtivos quanto durante a utilização das rodovias, o excesso de peso transportado, lentidão no processo de construção de novas rodovias e a dificuldade de ampliação das rodovias existentes também são fatores responsáveis pelo excesso de patologias existentes nas vias brasileiras.

A pesquisa também discorre acerca da utilização de geossintéticos, quais suas funções, aplicações e benefícios, expondo a resolução do uso de geossintéticos na execução de pavimentos flexíveis.

Com o conhecimento técnico para reconhecer os defeitos e propor a correção adequada é possível que o cenário nas rodovias brasileiras mude. A correção irá permitir que a vida útil das vias se prolongue, além de assegurar a segurança e economia dos usuários da via.

6 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Como sugestões para pesquisas futuras relacionado as informações descritas no desenvolvimento do trabalho, foram identificadas algumas possíveis extensões:

- Aprofundamento da composição química dos geossintéticos apresentados.
- Estudo de outros tipos de geossintéticos que podem ser utilizados em pavimentos flexíveis.
- Maneiras de otimizar a manutenção de rodovias.
- Utilização de geossintéticos em recapeamento de malhas rodoviárias.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. A. Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento**. São Paulo, ano 01, ed. 11, v. 10, pp. 187-196, novembro de 2016. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenhariacivil/metodos-de-pavimentacao>. Acesso em: 14 de maio de 2019.
- BALBO, T. J. **Pavimentação Asfáltica**. 3.ed. Oficina de Textos - Panelas ou buracos, 2016.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 2006. 495p.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 2017.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 005/2006 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2006.
- CAMARGO, Danilo Ferreira; GOMES, Lucas Alves. **Análise de adequação em projeto rodoviário com serviços de pavimentação e drenagem**. Estudo de caso: passagem de Edilândia. 2017.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. CNT: **Transporte rodoviário-desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**. Brasília, 2016.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. CNT: **Transporte rodoviário-desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**. Brasília, 2018.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM. DER: **Diretrizes e procedimentos para serviços de conservação especial incluindo a identificação de defeitos e definições de soluções para restauração de pavimentos rodoviários e da sinalização horizontal**. São Paulo, 2013.
- DNIT. **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento**. 2003f. Procedimento. DNIT 006/2003 – PRO. Rio de Janeiro, 2003.
- KIRBAS, U.; KARASAHIN, M. **Performance models for hot mix asphalt pavements in urban roads**. **Construction and Building Materials**, 2016. v.116, p. 281-288
- PINTO, J. I. B. R. **Caracterização superficial de pavimentos rodoviários**. 2003. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2003.
- RIBEIRO, T. P. **Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível**. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ed. 04, ano 02, v. 01. pp 733-754, Julho de 2017. ISSN:2448-0959 Disponível em: < <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimento-flexivel> >.
- ROCHA, R.S.; Costa, E.A.L. **Patologias de Pavimentos Asfálticos e Suas Recuperações**. Estudo de Caso da Av. Pinto de Aguiar. Universidade Católica de Salvador. BA. 2009.
- SILVA, P. F. A. Manual de patologia e manutenção de pavimentos. São Paulo: Pini, 2005. 128 p.
- CASTRO. **Defeito dos pavimentos asfálticos e suas causas**. Rio Grande do Sul, 2005.

SILVA, P. F. A. Manual de patologia e manutenção de pavimentos. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008. 128 p. CASTRO. **Defeito dos pavimentos asfálticos e suas causas**. Rio Grande do Sul, 2008.

SILVA, P. F. A. Manual de patologia e manutenção de pavimentos. 3. ed. São Paulo: Pini, 2011. 128 p. CASTRO. **Defeito dos pavimentos asfálticos e suas causas**. Rio Grande do Sul, 2011.

SILVA, P. F. A. Manual de patologia e manutenção de pavimentos. 4. ed. São Paulo: Pini, 2018. 128 p. CASTRO. **Defeito dos pavimentos asfálticos e suas causas**. Rio Grande do Sul, 2018.

VIEIRA, E. A. Quantificação e avaliação de danos em trecho de pavimento flexível de avenidas de Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Estação Científica (UNIFAP)** Macapá, v. 1, n. 1, p. 95-98, 2011.

YOSHIZANE, H.P. **Defeitos, Manutenção e Reabilitação de Pavimento Asfáltico**. Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica CESET. Limeira, 2005.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003.

PASSOS, R. **Trânsito segue parcialmente interditado na MG-050**, em Mateus Leme. 19 de jan de 2016. Disponível em: <http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2016/01/19/interna_gerais,726444/transito-segue-parcialmente-interditado-na-mg-050-em-mateus-leme.shtml>.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM. DER ET-DE-P00/004. **Sub-base ou base de solocimento**, São Paulo, 2006. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/ET-DE-P00-004_A.pdf>

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Publicação IPR - 738: **Manual de sinalização de obras e emergências em rodovias**. Diretoria Executiva, Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2ª Edição. Rio de Janeiro, 2010.

DER/PR ES-P 11/18. Pavimentação: **Solocimento e solo tratado com cimento**, Curitiba, 2018. Disponível em: <<<http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/ESP1118SOLOCIMENTOESOLOTRATADOCOMCIMENTO.pdf>> >

ABPV. **Dimensionamento mecanístico de pavimentos usando dois solos, laterítico e não laterítico, tratados com cimento**. Reunião Anual de Pavimentação, 36. Curitiba: [s.n.], 2005. p. 01-12.

BATHURST, R.J. **Funções e Classificações do Geossintéticos**. IGS (International Geosynthetics Society). Disponível em: . Acesso em: 27 de mar. 2013

PIMENTEL, K.C.A. **Estradas não-pavimentadas e ferrovias reforçadas com geossintéticos**. 2007. 293p. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007

SIEIRA, A. C. C. F. **Estudo experimental dos mecanismos de interação sologeogrelha**. Rio de Janeiro: PUC: Departamento de Engenharia, 2003

FERREIRA, A. Z. Estudo de reforço de pavimentos com ensaio de arracamento em equipamentos de pequenas dimensões. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SARAIVA, S. L. C. Metodologia e Análise Experimental do Comportamento Geotécnico da Estrutura de Pavimentos Rodoviários. 123f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto – MG, 2006.

KAKUDA, F. M. Desenvolvimento e Utilização de um Equipamento de Grandes Dimensões na Análise do Comportamento Mecânico de uma Seção de Pavimento Sob Carregamento Cíclico. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010

BASTOS, G. A. et al. Ensaio de Tração em Disco Circular em Misturas Asfálticas Reforçadas com Geogrelhas. Revista de Engenharia Civil IMED, ISSN 2358-6508, 2015

OLIVEIRA, L. A. Uso de Geossintéticos Como Reforço em Estradas Não Pavimentada. Dissertação de Mestrado, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Estadual de Goiás, 2013.