



**FACULDADE DE CIÊNCIAS GERENCIAIS DE MANHUAÇU**

**PATOLOGIAS EM ESTRADAS OCORRIDAS POR COMPACTAÇÃO  
DEFICIENTE**

Guilherme Cassin Antunes

**Manhuaçu**

**2017**



**GUILHERME CASSIN ANTUNES**

**PATOLOGIAS EM ESTRADAS OCORRIDAS POR COMPACTAÇÃO  
DEFICIENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso Superior de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Área de Concentração: Solos

Orientador: Dr. Glauclio Luciano Araújo

**Manhuaçu**

**2017**



**GUILHERME CASSIN ANTUNES**

**PATOLOGIAS EM ESTRADAS OCORRIDAS POR COMPACTAÇÃO  
DEFICIENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no  
Curso Superior de Engenharia Civil da  
Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu,  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Engenheiro Civil.

Área de Concentração: Solos

Orientador: Dr. Glaucio Luciano Araújo

Banca Examinadora

Dr. Glaucio Luciano Araújo; Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu

MSc.Tauana de Oliveira Batista; Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu

MSc. Marcelus Xavier Oliveira; Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu

Data de Aprovação: 07 de dezembro de 2017

**Manhuaçu**

**2017**



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades e completar mais uma importante etapa na minha vida.

Agradeço a FACIG, seu corpo docente, direção e administração que me deram essa oportunidade de continuar os estudos e almejar novos horizontes, pautado na certeza do mérito, e da ética.

Agradeço ao Orientador Glaucio, pelo suporte, correções e incentivos, que, mesmo no pouco tempo que lhe coube, me norteou neste trabalho, sempre se disponibilizando a ajudar.

Agradeço aos meus familiares e amigos, que sempre me deram apoio e me estenderam a mão quando precisei.

E a todos que direta ou indiretamente fazem parte da minha formação, o meu muito obrigado.



## PATOLOGIAS EM ESTRADAS OCORRIDAS POR COMPACTAÇÃO DEFICIENTE

*Autor: Guilherme Cassin Antunes*

*Orientador: Dr. Glaucio Luciano Araújo*

**Curso: Engenharia Civil**

**Período: 10º**

**Área de Pesquisa: Solos**

**Resumo:** Com o objetivo de investigar patologias em estradas pavimentadas, ocorridas por compactação deficiente, mal executada, ou inadequada, o presente trabalho buscou explorar bibliografias dedicadas ao assunto de estradas, compactação de solos, métodos e mecanismos de compactação de estradas e as patologias decorrentes. O trabalho foi desenvolvido em caráter qualitativo, e foi adotado um estudo de caso como procedimento metodológico, buscando ver na prática os resultados e patologias tratados ao longo da pesquisa. Desse modo foi feito uma investigação “*in loco*” de patologias em um trecho do Km 38 da BR 262, em Manhuaçu – MG. Todas as patologias encontradas no trecho escolhido foram analisadas, classificadas conforme as possíveis causas, e registradas em fotos. O trabalho justificou-se dada a importância social e econômica das estradas em nosso país, e os transtornos ocasionados pelas inúmeras patologias, que, verificadas “*in loco*” constatou-se que tendem a agravamento gradativo com o uso e ação das chuvas. Portanto o trabalho, e o assunto pesquisado se tornam de grande importância, tanto visando à prevenção, como a posterior reparação em trechos onde ocorreram tais patologias.

**Palavras-chave:** Estradas; Compactação; Patologias.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	6
<b>2. DESENVOLVIMENTO .....</b>	7
<b>2.1. Referencial Teórico .....</b>	7
<b>2.1.1. Estradas e Compactação.....</b>	7
<b>2.1.2. Principais patologias que ocorrem por falta de compactação.....</b>	8
<b>2.1.3. Métodos de compactação de estradas.....</b>	13
<b>2.2. Metodologia .....</b>	16
<b>2.3. Apresentação e análise de dados .....</b>	16
<b>3. CONCLUSÃO .....</b>	20
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	21

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil as estradas representam a principal via de transporte, sendo responsável, segundo a Confederação Nacional de Transportes (CNT), por mais de 60% do transporte de cargas, além da circulação e deslocamentos de passageiros, exercendo um papel fundamental tanto economicamente, quanto socialmente. Mas para isso, elas precisam apresentar condições adequadas de uso, garantindo conforto e segurança, evitando acidentes, que além de prejuízos financeiros, podem ceifar vidas.

O intenso fluxo de veículos de cargas tem causado a precariedade das estradas, pois essas não resistem ao grande volume de tráfego, e começam a aparecer trincas, rachaduras, afundamentos e buracos. Para isso, são feitos procedimentos e processos no solo para receber a pavimentação asfáltica, e quando algum desses processos, como a compactação, apresenta falhas, ou não suporta as ações para as quais foi executado, ocorrem as patologias.

Tais processos como a compactação do solo, são feitos buscando melhorar as características do solo e a capacidade de receber cargas sem que haja recalque, danificando qualquer que seja a construção executada, e prejudicando sua funcionalidade.

A necessidade de uma boa preparação do solo, e fundação ideal para cada tipo de solo, é assunto recorrente na Engenharia Civil, onde a sua má execução acarreta várias patologias de construção. Temos hoje no Brasil uma extensa malha rodoviária, e uma grande parte dessas estradas estão danificadas, ou até mesmo completamente destruídas e sem pavimentação. Muito pela falta de manutenção, ou devido a uma execução precária de preparação de solo, ou matéria prima ideal.

A preparação do solo é fundamental para que a estrada pavimentada permaneça com integridade e dirigibilidade por mais tempo. Se feita de forma precária a rodagem de caminhões e outros veículos pesados deformarão o asfalto, causando afundamentos, trincas, valas e buracos, agravados ainda com a ação das chuvas, calor e velocidade. O principal e fundamental processo é o adensamento, preenchendo os espaços vazios do solo, e que evita futuros afundamentos.

O presente trabalho, cujo tema é patologias em estradas ocorridas por compactação deficiente, tem como objetivo apresentar e discutir os processos, se delimitando a mostrar a preparação dos solos, os processos sofridos, a importância desses processos, e os mecanismos necessários para execução. Além dos métodos de compactação usando diferentes mecanismos de compactação de acordo com o tipo de solo. E por fim as principais patologias em estradas pavimentadas decorrente de compactação deficiente, mal executada, ou cargas excessivas.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. Referencial Teórico

#### 2.1.1. Estradas e Compactação

As estradas exercem um importante papel no desenvolvimento social e econômico de um país, e no Brasil não é diferente. Atualmente o transporte rodoviário é o principal meio de transporte de passageiros e escoamento na produção industrial e agrícola, além de ser a principal via de integração do país (TRINDADE apud SILVA et al., 2011, p.826).

Desde que surgiram as estradas, surgiu também a necessidade de melhorias nos aspectos do solo para suportar melhor as reações em si aplicadas, não apresentando deformações e patologias, que reduzissem sua funcionalidade. “Todas as obras de engenharia civil assentam-se sobre o terreno e inevitavelmente requerem que o comportamento do solo seja devidamente considerado” (PINTO, 2006 p.13). “Um solo, quando transportado e depositado para construção de um aterro, fica num estado relativamente fofa e heterogêneo e, portanto, além de pouco resistente e altamente deformável, apresenta comportamento diferente de local para local”. (PINTO, 2006 p.77). Tanto em estradas vicinais, quanto nas estradas que recebem pavimentação asfáltica, a compactação tem sido usada como técnica de aperfeiçoamento do solo para tais fins.

A compactação de solos na antiguidade foi utilizada para melhorar as propriedades do solo em contato com a água e possibilitar a circulação sobre os caminhos percorridos por tráfego animal e pedestre. Embora os construtores de estrada da época não compreendessem os princípios da mecânica dos solos, souberam intuitivamente e empiricamente que, se fosse aplicada uma carga pesada ao solo estática ou dinamicamente, as suas características melhoravam e era possível construírem caminhos mecanicamente mais estáveis, e que cumprissem a sua função de trafegabilidade (RIBEIRO, 2008 p.1).

A compactação dos solos tem como objetivo aumentar a resistência à ruptura dos solos, reduzindo possíveis variações volumétricas e impermeabilização dos solos resultante do menor volume de vazios. Além disso, a compactação de um solo ocasiona o aumento da resistência ao cisalhamento e a obtenção de uma maior capacidade de suporte. Apenas no teor de umidade ideal se atinge o máximo peso específico seco, que corresponde a maior resistência do solo (GALVÍNCIO, 2014).

Segundo Gewehr (2013), a compactação consiste no preenchimento dos espaços vazios de uma camada do solo por meio do adensamento, aumentando a capacidade de suporte do mesmo. Se a compactação não for bem executada, todas as camadas construídas acima podem ser comprometidas com futuros afundamentos e deformações do subleito, comprometendo a estrutura, bem como sua funcionalidade.

Segundo Ribeiro (2008 p.5), a construção de uma obra de terraplenagem está longe de ser considerada simples, envolvendo inúmeros trabalhos, tais como a escarificação, carga, transporte, descarga, espalhamento, nivelamento, e a compactação, articulada com o cálculo de volumes de escavação, aterro e distribuição de terras. E ainda calcular a movimentação de terra com escavação, transporte e nivelamento.

Para Caputo (1988, p.172), entende-se por compactação de um solo o processo manual ou mecânico que visa reduzir o volume de seus vazios, e assim, aumentar sua resistência, tornando-o mais estável. A compactação de um solo visa melhorar suas características, não só quanto à resistência, mas também aos aspectos de permeabilidade, compressibilidade e absorção de água. Segundo Das (2007, p.84), a compactação é a densificação do solo por meio da remoção do ar, o que requer aplicação de uma energia mecânica, como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Compactação de estradas



Fonte: Geotecnica e Fundações (2017)

O processo de compactação de uma camada asfáltica de revestimento, assim como o processo de compactação do solo, aumenta a estabilidade da mistura asfáltica, reduz seu índice de vazios, proporciona uma superfície suave e desempenada e aumenta sua vida útil. No país, a espessura máxima de mistura asfáltica compactada em uma única vez é de 100 mm e está relacionada com a eficiência dos equipamentos de compactação disponíveis. Usualmente essas espessuras em uma única camada de compactação não ultrapassam 75 a 80 mm (BERNUCCI et al., 2008 p.389).

### **2.1.2 Principais patologias que ocorrem por falta de compactação**

A falta de compactação ou uma compactação mal feita podem acarretar em uma série de patologias, algumas muito sérias, que podem levar o terreno ao rompimento e consequente queda ou afundamento.

O primeiro problema são as deformações no terreno que irão impactar diretamente no pavimento de estrada construído. Isto afeta a dinâmica de cargas, a qualidade de rolamento, o custo operacional dos veículos e, devido ao possível acumulo de água, coloca em risco a segurança dos usuários.

Já a chamada densificação, é causada diretamente pela ação de tráfego, causando uma diminuição no volume de material. Pode ser controlada pela compactação adequada no momento da construção do pavimento.

Segundo Trindade et. al (2017), a compactação tem como objeto promover melhorias substanciais nas propriedades de engenharia, tais como aumentar a resistência ao cisalhamento, reduzir a compressibilidade e aumentar a resistência a erosão. Portanto, um trabalho mal feito acarretará principalmente na perda de uma dessas propriedades.

No âmbito da física, a chamada força de cisalhamento ou tensão de cisalhamento consiste em toda a tensão gerada a partir de forças que agem em direções semelhantes. A tesoura é o objeto mais popular para representar a tensão de cisalhamento. Para um solo mal compactado, as partículas em constante movimento entram em atrito causando tensão cisalhante, podendo levar a ruptura brusca do terreno.

Rupturas por cisalhamento causam o efeito conhecido como trilhas de rodas, isto é, o afundamento do revestimento asfáltico nos pontos com maior incidência do peso das rodas, como pode ser visto na Figura 2. Além de afetar o conforto e a segurança dos usuários, essas deformações afetam a estrutura de projeto e dificulta a reabilitação do pavimento asfáltico.

Figura 2 - Trilhas de rodas



Fonte: Moura (2010)

No que diz respeito à compressibilidade, um terreno com grande índice de vazios pode sofrer afundamento, pois, ao ser submetido a cargas a tendência é que os vazios se comprimam. Este afundamento pode ser plástico, ou seja, irreversível, causado pela influência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito. Existe ainda, o afundamento causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas, o que também pode ser chamado de recalque diferencial. Onde apenas uma parte do terreno afunda, gerando uma diferença de níveis de altura, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - Afundamento de pista



Fonte: Globo.com (2017)

Outros pontos importantes a serem observados são os índices de umidade com que o solo foi compactado, segundo Trindade et. al. (2017), certos solos, quando compactados muito secos, podem apresentar estrutura colapsável ao submergir em água, resultando deformações bruscas e trincas, como pode ser visto na Figura 4. Ou seja, mudanças climáticas e, sobretudo a chuva podem causar essas deformações e até mesmo a erosão do terreno onde o pavimento foi executado.

Figura 4 - Trincas no pavimento asfáltico



Fonte: Gewehr (2013)

A erosão é um processo de deslocamento de terra ou de rochas de uma superfície. É comum ver em telejornais os estragos causados em estradas pela ação das chuvas, sobretudo devido a erosão do solo em que se encontram. Portanto, a compactação deve mensurar este risco e trabalhar na redução ou eliminação do mesmo. Mudanças climáticas e ações do vento também contribuem para o processo de deslocamento de terra. Além de um trabalho de compactação bem feito, o monitoramento constante do solo também pode evitar problemas de deslocamento de terra, uma vez que mudanças na composição química do solo também podem causar erosão, como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 - Erosão em estradas



Fonte: DAER/RS (2010)

Outras patologias recorrentes em estradas que podem ou não estar relacionadas ao processo de compactação são o escorregamento, ondulação e a formação de panelas (buracos).

Escorregamento, como pode ser visto na Figura 6, é o movimento horizontal do revestimento causado pelos esforços tangenciais transmitidos pelos eixos dos veículos. Produzem uma ondulação curta e abrupta da superfície. Este tipo de deformação pode ser ocasionado pela ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual este se apoia. Ou ainda pela compactação deficiente das misturas asfálticas ou da porção superior da camada base.

Figura 6- Escorregamento da pavimentação



Fonte: Hughes et. al. (2017)

Já as panelas ou buracos não deveriam, mas são muito populares, como podemos ver na Figura 7. As cavidades formadas inicialmente no pavimento superior são graves, pois afetam a estrutura de todo pavimento, além de reduzir a segurança no tráfego e gerar custos para sua manutenção. São causados principalmente pelo trincamento da superfície, patologia esta já citada e pela desintegração localizada na mesma superfície do pavimento. Água das chuvas penetrará nestas trincas e causará o desintegramento, gerando as panelas e podendo atingir camadas inferiores, causando problemas mais sérios.

Figura 7 - Panelas (Buracos) na pavimentação



Fonte: Maraga (2013)

### 2.1.3 Métodos de compactação de estradas

De acordo com Eiras Silva (2008 p. 23), para se compactar um solo, são utilizados dois tipos principais de força de compactação: estático e vibratório. Segundo ele, a força estática é simplesmente o peso próprio da máquina aplicado sobre a superfície do solo, comprimindo suas partículas, e a única maneira de modificar a força efetiva de compactação é pela adição, ou subtração de pesos na máquina. O amassamento e pressão são dois exemplos de esforços de compactação estática. Já a vibração e impacto são exemplos de esforços de força vibratória, que usa um mecanismo, normalmente motorizado, para criar uma força descendente em acréscimo ao peso estático da máquina.

O mecanismo vibratório é normalmente um peso excêntrico giratório ou combinação de pistão/mola (em compactadores). Os compactadores produzem uma sucessão rápida de pancadas (impactos) na superfície, afetando, assim, as camadas superficiais, bem como as camadas mais profundas. A vibração se transmite pelo material, colocando as partículas em movimento e as aproximando ao máximo para a densidade mais alta possível. Com base nos materiais que são compactados, certa quantidade de força deve ser usada para superar a força de coesão natural de algumas partículas (SILVA 2008 p.24).

Para cada obra de engenharia, existirá uma combinação ideal de parâmetros a se atingir, diretamente relacionada às exigências de projeto e dependente do processo construtivo empregado, e que levará a obtenção da máxima estabilidade e atenuação dos recalques devido às solicitações na camada compactada. Por estas razões, que emerge a grande importância da escolha correta do tipo de compactação e equipamento a serem utilizados em função do tipo de material a ser empregado no campo (TRINDADE; et al. 2017).

A compactação de solo em campo, de acordo com Caputo (1988 p. 177), se dá após espalhar o material, uniformemente, em camadas mais ou menos horizontais. A compactação é feita, empregando: rolos compressores, pilões e vibradores, além de carros-pipa munidos de barra de distribuição, para a irrigação. Às vezes utiliza-se, quando o material a ser compactado o permitir (caso de material siltoso), o próprio equipamento pesado de transporte para obter a compactação.

Dependendo da natureza do terreno empregam-se rolos lisos (tipo "tandem" ou o de três rodas), rolos pé-de-carneiro ou rolos pneumáticos. Às vezes conjugam-se dois ou mais desses rolos, em série ou em bateria. A quantidade de água a ser adicionada ao solo é calculada em função da descarga da barra de distribuição e da velocidade do carro-pipa. A espessura das camadas de solo (da ordem de 15 a 30 cm).

Os rolos compactadores lisos (Figura 8) são usados em geral para solos arenosos, enquanto os rolos pé-de-carneiro, ou rolos pneumáticos são usados para solos argilosos, sendo que os últimos são adaptáveis a quase todos os tipos de terreno.

Figura 8 – Rolo compactador liso



Fonte: Armac. (2017)

Estes rolos de acordo com Eiras Silva (2008), o esforço de compactação é por pressão e amassamento, principalmente com rolo de acabamento asfáltico. Com um rolo de natureza estática, a força de compactação é alterada pela adição ou remoção de peso no lastro, em forma de água ou areia limites de peso variam de 10 a 35 toneladas.

Os rolos pneumáticos são equipados com 7 a 11 pneus e com as rodas dianteiras e traseiras alinhadas, a pressão sobre os pneus pode ser diminuída em algumas máquinas, durante a operação, para ajustar a pressão de contato com o solo para diferentes condições de trabalhos, como podemos ver na Figura 9.

Figura 9 – Rolo compactador pneumático



Fonte: Armac. (2017)

Os rolos pé-de-carneiro são arrastados por meio de tratores; a pressão sobre cada protuberância fixa ao tambor varia com o peso do rolo, estando

geralmente compreendida entre 10 e 40 kg/cm<sup>2</sup>, como podemos ver na Figura 10.

Figura 10 – Rolo compactador pé-de-carneiro



Fonte: Armac. (2017)

De acordo com Eiras Silva (2008), como os solos granulares não são coesivos e as partículas requerem uma agitação ou ação vibratória para movê-las, placas vibratórias (unidirecionais) é a melhor escolha. Por isso, Placas Reversíveis e Rolos Vibratórios Lisos são apropriados para o trabalho de produção, como podemos ver na Figura 11. Partículas de solo granular respondem a freqüências diferentes (vibrações), dependendo do tamanho da partícula. Quanto menor a partícula, maior a freqüência necessária para movê-la. Se forem compactar solos com partículas maiores, deve-se utilizar equipamento maior para obter freqüências mais baixas e forças de compactação maiores.

Figura 11 – Rolo Vibratório Liso



Fonte: Armac. (2017)

Para Caputo (1988 p. 177), os pilões manuais empregam-se apenas em trabalhos secundários, como reaterros de valas, enquanto que os pilões a explosão, conhecidos como "sapos", bem como os pilões a ar comprimido, têm grande aplicação, sobretudo pela sua adaptabilidade a quase todos os tipos de terreno. Já os vibradores são especialmente recomendáveis para solos granulares (arenosos ou pedregulhosos).

Ainda de acordo com Caputo (1988 p. 177), o número de passadas do equipamento de compactação, podem ser determinados controlando-se os resultados obtidos em um trecho experimental previamente escolhido. Constatou-se que há um certo número de passadas além do qual é praticamente inútil prosseguir-se na compactação, além da maior viabilidade econômica, de quanto maior for a espessura das camadas e menor o número de passadas.

## **2.2. Metodologia**

O presente trabalho foi desenvolvido utilizando técnicas de caráter exploratório de pesquisas, buscando se familiarizar do assunto baseando-se nas opiniões dos principais autores que dissertaram sobre o tema, e a partir daí foram feitas observações "*in loco*" das patologias resultantes de um trabalho de compactação do solo feito com deficiência, ou de forma inadequada para a carga recebida.

Durante esse processo foram pesquisados diversos artigos científicos, livros, sites, entre outras fontes de pesquisas, e selecionado os principais autores. Todas as pesquisas feitas estavam relacionadas a estradas, compactação de solos, e patologias por má compactação de solos, ou patologias devido a cargas excessivas para um trabalho de compactação feito anteriormente, tanto em estradas, como em obras em geral.

A verificação "*in loco*" de patologias relacionadas à má compactação dos solos, da qual tratava o tema, foi realizada na BR-262, Km 38, na cidade de Manhuaçu – MG, às 16 horas da tarde do domingo 29 de outubro de 2017, num trecho onde apresentava diversas dessas patologias.

O trabalho foi desenvolvido em caráter qualitativo, e foi adotado um estudo de caso como procedimento metodológico, buscando ver na prática os resultados e patologias tratados ao longo das pesquisas. Todas as patologias encontradas no trecho escolhido foram analisadas, classificadas conforme as possíveis causas, e registradas em fotos.

## **2.3. Apresentação e análise dos dados**

A verificação "*in loco*" de patologias ocasionadas por má compactação, ou compactação deficiente, realizada num trecho do Km 38, da BR 262, na cidade de Manhuaçu – MG detectou diversas inconsistências na pavimentação, possivelmente ocasionadas pelos motivos acima citados, e que foram explorados ao longo do trabalho.

Um dos exemplos de patologia encontrados foi a formação de trincas na pavimentação, e a causa mais provável seja o índice de umidade do solo compactado. Tais trincas podem resultar em deformações ainda maiores, ou até mesmo panelas e buracos, se submergir água das chuvas e desestabilizar o solo onde o pavimento foi executado (Figura 12).

Figura 12 – Trincas na pavimentação

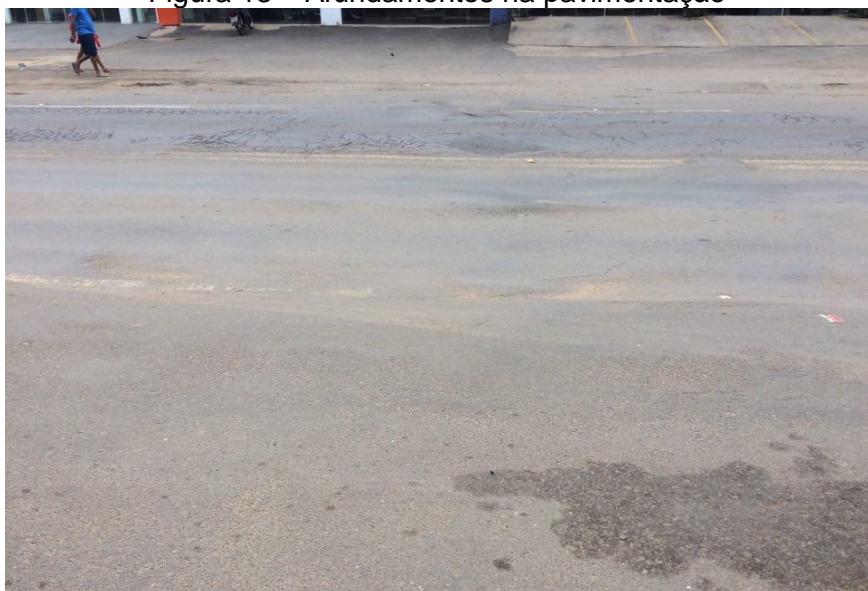


Fonte: Próprio Autor (2017)

De acordo com o DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – Manual de Pavimentação (2006), a selagem de trincas consiste no enchimento manual de trincas e fissuras no revestimento betuminoso ou pavimento de concreto de cimento com material asfáltico para impedir a penetração de água nas camadas inferiores do pavimento.

Outro exemplo de patologia encontrado foi possivelmente causado pela compressibilidade do terreno, onde ao ser submetido a cargas teve seus índices de vazios diminuídos ao ser comprimido provocando afundamentos, causados pela influência plástica de uma ou mais camadas do subleito, ou consolidação diferencial, provocando um recalque diferencial, onde uma parte do terreno afunda, gerando uma diferença de níveis de altura (Figura 13 e 14).

Figura 13 – Afundamentos na pavimentação



Fonte: Próprio Autor (2017)

A restauração de trechos que apresentam afundamentos, segundo o DNIT (2006), é feita de acordo com a gravidade apresentada, podendo ser classificada como superficial, onde é feito um remendo para reparar as degradações, evitar maiores danos ao pavimento e se obter uma superfície segura e confortável. Ou ainda ser classificada como remendo profundo, consistindo em operações corretivas de maior porte, podendo incluir medidas mais extremas como a remoção de camadas granulares adjacentes.

Em casos mais severos, onde as ações corretivas de pequeno porte não surgem mais efeito, é preciso ser feito um reforço estrutural.

Figura 14 – Afundamentos na pavimentação



Fonte: Próprio Autor (2017)

Também foi possível observar o efeito conhecido como trilhas de rodas (Figura 15), ocasionadas por rupturas por cisalhamento provocando o afundamento do revestimento asfáltico nos pontos com maior incidência do peso das rodas.

Figura 15 – Trilhas de rodas, e escorregamentos na pavimentação



Fonte: Próprio Autor (2017)

No processo de restauração de Trilhas de roda, utilizam-se os mesmo fundamentos apresentados para afundamentos, e da mesma forma, dependerá da gravidade para a classificação em remendo superficial, ou remendo profundo, e em alguns casos de pequena correção de natureza geométrica do revestimento, pode ser chamada recargas superficiais.

Foi encontrado também escorregamentos na pavimentação, como podemos ver na Figura 16, caracterizado pelo movimento horizontal do revestimento. Esta deformação pode ser ocasionado pela ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual este se apóia, ou ainda pela compactação deficiente das misturas asfálticas ou da porção superior da camada base como visto anteriormente.

Figura 16 – Escorregamentos na pavimentação



Fonte: Próprio Autor (2017)

Como o escorregamento se trata de uma patologia na camada superficial da pavimentação, para a correção é retirada essa camada, e feito a recomposição do trecho danificado, se tratando segundo o DNIT (2006), de atividades corretivas rotineiras.

### 3. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente trabalho possibilitou o aprofundamento dos conhecimentos em compactação dos solos, e as possíveis patologias que possam surgir a partir de uma compactação deficiente, ou mal executada. Em especial as patologias em estradas pavimentadas. Baseando-se nos mais renomados autores, e estudiosos do assunto, foi feito um trabalho de exploração e verificação *“in loco”* de um trecho do Km 38 da BR 262, onde apresentava algumas das patologias anteriormente estudadas.

O trabalho permitiu ver na prática a importância de um trabalho bem feito de preparação do solo, em especial a compactação, e utilizando-se dos métodos adequados para cada caso, e considerando as particularidades e cada tipo de solo. Mostrou ainda que em um pequeno trecho analisado na BR 262, Km 38, foram constatadas diversas patologias possivelmente ocasionadas pela má compactação, compactação deficiente, ou ainda resultantes de cargas excessivas recebidas.

Dado a importância que as estradas representam em nosso país, socialmente e comercialmente, e o transtorno causado pelas patologias em estradas, é importante salientar que, após o aparecimento das patologias em estradas, a tendências é que elas se agravem caso a água da chuva penetre a pavimentação, desestabilizando o solo. Portanto o trabalho, e o assunto pesquisado se tornam de grande importância, tanto visando à prevenção, como a posterior reparação em trechos onde ocorreram tais patologias.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMAC. **Equipamentos e máquinas pesadas para locação.** São Paulo. 2017. Disponível em: <<http://www.armac.com.br/>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ABEDA, 2008.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas Aplicações, Fundamentos.** 6ª Edição. Vol. 1. Rio de Janeiro. LTC Editora. 1988.

DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica.** São Paulo: Thomson Learning, 2007.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DAER/RS. **Situação das rodovias.** Rio Grande do Sul. 2010. Disponível em: <[http://www4.daer.rs.gov.br/site/noticias\\_interna.php?id=17](http://www4.daer.rs.gov.br/site/noticias_interna.php?id=17)>. Acesso em: 02 nov. 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de pavimentação.** 3ª Edição. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006.

GALVÍNCIO, Janaína. **Possíveis patologias no pavimento ocasionadas pela má compactação.** [S.I.], 2014. Disponível em: <<https://prezi.com/lgmxl6b2jogr/possiveis-consequencias-da-ma-compactacao-dos-solos-no-pavim/>>. Acesso em: 30 out. 2017.

GEOTECNIA E FUNDAÇÕES. **Ensaio de compactação.** Portal Metálica construção civil. 2017. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/ensaio-de-compactacao>>. Acesso em 10 out. 2017.

GEWEHR, Juliano. **Compactação de solos e base.** Asfalto de qualidade. [S.I.], 2013. Disponível em: <<http://http://asfaltodequalidade.blogspot.com.br/2013/03/compactacao-asfaltica.html>>. Acesso em: 27 out. 2017.

GLOBO.COM. **Chuva causa afundamento de pista e interdita trecho da BR-376, no litoral.** Paraná. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2017/02/chuva-causa-afundamento-de-pista-e-interdita-trecho-da-br-376-no-litoral.html>>. Acesso em: 02 nov. 2017.

HUGHES, Lucas Oliveira et al. **Aplicação de Whitetopping Tradicional para Recuperação de Rodovias.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 2, Vol. 15. pp 05-20. Jan. 2017.

MARAGA, Cristine. **Prejuízo: Buraco na pista faz Xanxerense gastar quase R\$ 3 mil com veículo.** Tudo sobre Xanxerê. Santa Xatarina. 2013. Disponível em: <[http://tudosobreXanxere.com.br/index.php/desc\\_noticias/prejuizo\\_buraco\\_na\\_](http://tudosobreXanxere.com.br/index.php/desc_noticias/prejuizo_buraco_na_)>

pista\_faz\_xanxerense\_gastar\_quase\_r\_3\_mil\_com\_veiculo>. Acesso em: 26 out. 2017.

MOURA, Edson de. **Estudo de deformação permanente em trilha de roda de misturas asfálticas em pista e em laboratório**. São Paulo. 2010.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas**. 3<sup>a</sup> Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

RIBEIRO, Simão Pedro Tavares. **Terraplenagem. Metodologia e Técnicas de Compactação**. Porto: FEUP, 2008.

SILVA, Leonardo Rodrigues Eiras. **Compactação do Solo**. Itatiba – SP: USF. 2008.

SILVA, Ticiano Oliveira da et al. **Avaliação do subleito de rodovias vicinais de baixo volume de tráfego por meio de ensaios geotécnicos**. Rev. Árvore vol. 35, nº4. Viçosa jul/ago. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000500008>>. Acesso em: 20 out. 2017.

TRINDADE, Tiago Pinto da et al. **Compactação dos Solos**. Viçosa: Researchgate. Fev. 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/313703122\\_COMPACTACAO\\_DOS\\_SOLOS](https://www.researchgate.net/publication/313703122_COMPACTACAO_DOS_SOLOS)>. Acesso em: 02 nov. 2017.