

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS Uni-ANHANGUERA**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**INFLUÊNCIA DO VOLUME DE TRÁFEGO E DE MATERIAIS  
GRANULARES NAS CARACTERÍSTICAS DOS DEFEITOS DE  
DUAS ESTRADAS VICINAIS EM TEREZÓPOLIS DE GOIÁS**

**LUCAS ALVES CALVÃO**

GOIÂNIA  
Novembro/2018

**LUCAS ALVES CALVÃO**

**INFLUÊNCIA DO VOLUME DE TRÁFEGO E DE MATERIAIS  
GRANULARES NAS CARACTERÍSTICAS DOS DEFEITOS DE  
DUAS ESTRADAS VICINAIS EM TEREZÓPOLIS DE GOIÁS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA, sob orientação do Professor Mestre Thiago Henrique Arbués Botelho, como requisito parcial para obtenção do título de bacharelado em Engenharia Civil.

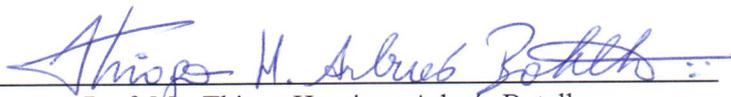
GOIÂNIA  
Novembro/2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUCAS ALVES CALVÃO

**INFLUÊNCIA DO VOLUME DE TRÁFEGO E DE MATERIAIS  
GRANULARES NAS CARACTERÍSTICAS DOS DEFEITOS DE  
DUAS ESTRADAS VICINAIS EM TEREZÓPOLIS DE GOIÁS**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás - Uni-ANHANGUERA, defendido e aprovado em 12 de novembro de 2018 pela banca examinadora constituída por:



Prof. Ms. Thiago Henrique Arbués Botelho  
Orientador



Prof(a). Esp. Marcela Pimenta Faleiros dos Santos  
Membro



Prof(a). Ms. Raquel Franco Bueno  
Membro

## Resumo

Desde a antiguidade, o homem tem a necessidade de transportar materiais e produtos a fim de favorecer o trâmite de mercadoria a determinados lugares. Com o crescimento da população, há uma necessidade de se aumentar a malha viária a fim de possibilitar o acesso de um lugar para outro com diferentes tipos de transportes. Com a grande demanda de utilizadores da malha viária e a relação entre orçamento e a qualidade baixa das estradas, faz-se necessário constantes manutenções de qualidade em rodovias urbana e rural a fim de evitar constantes danos ou defeitos. O objetivo do presente trabalho foi verificar a influência do volume de tráfego e de dois tipos de materiais granulares (brita e cascalho) nas características dos defeitos de duas estradas vicinais e indicar as devidas soluções. A pesquisa foi realizada por meio de estudo de tráfego com base nas recomendações do DNIT bem como outros órgãos e dispositivos estaduais e municipais, foi feito um estudo de caso na “Estrada da Pedreira” e na “Estrada de Santa Tereza” localizadas em Terezópolis de Goiás-GO. A análise dos dados apresentados dará uma estimativa dos defeitos encontrados em cada uma das estradas analisando os dois tipos de solo. A partir do estudo em campo e conseqüentemente da análise dos defeitos apresentados, foi possível apresentar um quadro de defeitos e suas respectivas soluções em estradas vicinais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estradas não pavimentadas. Drenagem. Severidade. Solo brita. Custos.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, o homem tem a necessidade de transportar materiais e produtos a fim de favorecer o trâmite de mercadoria a determinados lugares. No Brasil, o modo de transporte mais utilizado pelo homem é o rodoviário, responsável pela grande maioria dos transportes de matéria-prima favorecendo a industrialização até o local a ser entregue.

A malha rodoviária brasileira foi estimada como sendo da ordem de 1,7 milhões de quilômetros de rodovias, dos quais apenas 221.820 quilômetros (13% do total) são pavimentados. Da parcela não pavimentada (1.478.180 quilômetros), 90,7% são rodovias municipais, 8,3% estaduais e 1% federais (CNT, 2016).

Um dos parâmetros importantes de desenvolvimento socioeconômico de um país é a disponibilidades de recursos em infraestrutura e adequada manutenção dos serviços. Este fato aborda a importância do investimento em estradas adequadas para a circulação, realização e destinação final a questão. Onde retratando o assunto observa-se o que diz o especialista em infraestrutura Josef Barat, onde o mesmo afirma "Os países que atingiram o desenvolvimento de forma consistente e duradoura foram aqueles que souberam priorizar os investimentos em infraestrutura" (BARAT, 2002).

Podemos categorizar as rodovias obedecendo a critérios, pela sua administração particular, municipal, estadual ou federal. Também pela sua função dentro da malha, sendo arteriais, coletoras ou locais. Ainda, por seu aspecto físico, podendo ser pavimentada ou não pavimentada.

Sendo as estradas vicinais, por objetivo do presente trabalho, são normalmente municipais, pavimentadas ou não, contendo pista simples compatível com o uso necessário. Contudo, ao passar dos anos, veio crescendo a tecnologia de produção industrial agrícola e seus equipamentos, há regiões onde é indispensável à utilização de veículos pesados, chegando a 9 eixos. Podemos citar como exemplo desse uso, o transporte de cana-de-açúcar designada a atender usinas de álcool além do transporte de grãos, de tal forma introduzindo às estradas vicinais, funções não relatadas em seu projeto inicial.

Tais estradas progrediram-se através de traçados já existentes, principalmente nos divisores topográficos, seguindo o greide naturalmente com aclives e declives com inclinações e curvatura acentuada. Com o passar dos anos, foram-se adaptadas ou readaptadas de acordo com a necessidade de cada trecho, aumentando dependendo do porte até mesmo sua curvatura.

Gradativamente é realizado o motonivelamento sem especificações técnicas adequadas, a fim de aprimorar as condições da trajetória, diminuindo seu leito e formando taludes laterais. Conseqüentemente, reduzindo a visibilidade e o escoamento de água ao longo da estrada, entre outros problemas.

Ao abordar o transporte em estradas, analisa-se o que segundo Santos et al. (1988) explica que: "Se mostra necessário realmente uma melhoria substancial nas condições de trafegabilidade de nossa rede, torna-se obrigatório que enfrentemos decididamente a questão tecnológica das estradas de terra. "Oda (1995) avalia o levantamento de campo destacando como um aspecto principal a fim de realizar avaliações das necessidades de reparos e manutenção a serem aplicadas nos locais apropriados de defeitos, proporcionando opção de técnicas adequadas a resolução de cada característica de defeito descoberto.

Segundo Nunes (2003), a avaliação das condições superficiais de rolamento em uma estrada vicinal pode ser realizada por meio de grupos de condições da superfície de rolamento, no qual consistem na caracterização de cada defeito, com base nas suas medidas, extensão e severidade. O levantamento envolve a seleção dos defeitos mais significativos.

Os defeitos das estradas não pavimentadas ocasionam irregularidades, promovem o desconforto dos usuários e dependendo da severidade, pode gerar risco a saúde, além de reduzir a velocidade de tráfego e aumentar os custos com operação rodoviária. As intervenções em estradas vicinais acarretam a previsão de futuros defeitos, servindo para o desenvolvimento de um quadro de serviços de manutenção preventiva.

Segundo estudos de Fattori (2007), o autor nos mostra as subdivisões e caracterizações de estradas rurais apresentadas:

"As estradas vicinais podem ser repartidas em quatro diferentes categorias, destinadas por A, B, C e D. As estradas da Categoria A correspondem às vias cuja superfície de rolagem possuem componentes de agregados providos pela natureza destinadas de jazidas atendendo a determinados parâmetros de composição granulométrica. A Categoria B é definida por estradas que contem materiais britados, ou com produção artificial em sua camada superficial de rolagem. Solos como saibros, areias, piçarras, etc., oriundos de jazidas, sendo utilizado na composição de área de rolagem, se caracteriza nas estradas da Categoria C. A Categoria D caracteriza-se por estradas onde se encontra sua camada superficial formadas por materiais de sua própria produção em seu leito natural." (FATTORI, 2007, p. 25)

Ocasionalmente percebe-se que, ao se fazer intervenções para fim de manutenção e reparo, são utilizadas técnicas e materiais apenas provisoriamente caracterizando um custo menor, desprovendo-se de técnicas adequadas, sem uma análise apropriada da mesma, ocasionando que algum tempo depois, se retorna os defeitos presentes naquele momento, necessitando assim de novos reparos e intervenções (JUNIOR; PALARO, 2014, P. 16).

Ao elaborar qualquer projeto na área de estradas, antes é preciso conhecer a caracterização de tráfego que irá utilizar a via estudada e qual sua necessidade. Importará saber o fluxo médio de veículos que passarão por dia sendo seu VMD (Volume Médio de Tráfego), o percentual de veículos comuns e veículos industriais, e o maior veículo a utilizar a pista. Estes dados só poderão ser estabelecidos baseando em estudos de tráfegos levando em conta a vida útil estimada para a estrada, pensando não apenas no presente tráfego, mas estimando futuramente também.

Todo e qualquer tipo de investimento em determinada estrada vicinal se dá primeiramente em estudos sobre o retorno econômico e suas vantagens procurando estabelecer uma comparação de benefícios futuros e todos os custos a serem aplicados na estrada. É de responsabilidade de a Administração Pública realizar estudos de caracterização do projeto a ser executado através de comparação de custos para execução e operação das estradas, analisando sempre seus benefícios. Para tanto, necessita-se a construção de um projeto relatando um orçamento básico aproximado das obras projetadas.

Um dos fatores primordiais para o surgimento de defeitos nas estradas é a erosão gerada pela água sobre o leito e margens ao longo do curso, responsável por até metade da deterioração de solo (ANJOS FILHO, 1998). Para ocasionar na diminuição dos efeitos causados pela erosão, é importante intervir sobre onde se originou a problemática, no caso, no escoamento superficial. Podem ser diminuídos os efeitos a partir de eventuais medidas tomadas como uma drenagem eficiente evitando assim que o escoamento se acumule na superfície de contato e passe a ser escoada de maneira correta. O escoamento de água pelo curso da estrada deve ser realizado por suas laterais e sendo controladas para escoadouros naturais ou artificiais, ou até mesmo outro sistema de acolhimento e retenção da mesma (GRIEBELER, 2005).

Devido ao crescimento da demanda sobre os transportes rodoviários e a escassa manutenção das estradas não pavimentadas observa-se a má qualidade e ocorrência de defeitos. Entende-se por defeitos qualquer alteração sob a superfície da estrada ocasionando algum parâmetro negativo sobre a superfície de rolagem, tais como, erosões, costelas-de-vaca, poeira, buracos, seção transversal inadequada, segregação de agregados, drenagem inadequada, degradação do solo, em função da falta de manutenção adequada gerando sérios impactos sociais, ambientais e econômicos. Portanto, surge a necessidade de estudar e determinar propostas de manutenção alinhadas com a situação de campo, a fim de reduzir danos às estradas, realizando estudo de tráfego e propostas de dispositivos de drenagem.

A estruturação desse trabalho se deu primeiramente por uma pesquisa bibliográfica acerca dos conceitos técnicos de uma estrada vicinal. Em seguida, elaborou-se a metodologia para o levantamento de dados. Fez-se a avaliação da condição atual dos trechos das estradas estudadas identificando as necessidades de readequação apresentando as possíveis soluções e intervenções cabíveis. Por fim, apresentadas as considerações finais sobre o assunto.

O objetivo do presente trabalho foi verificar a influência do volume de tráfego e de dois tipos de materiais granulares (brita e cascalho) nas características dos defeitos de duas estradas vicinais e indicar as devidas soluções.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo de caso foi conduzido em Terezópolis de Goiás, o município faz parte da mesorregião do Centro Goiano e da região de planejamento – Região Metropolitana de Goiânia (RMG). A extensão territorial desse município é de 106,91 km<sup>2</sup> e a população é de 7.897 habitantes, estimada em 2018 (IBGE, 2018). Toda essa área está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, ribeirão usado para o abastecimento público de água de Goiânia e municípios vizinhos.

Terezópolis de Goiás (Figura 1) foi originado a partir da construção da BR-153, situado às margens dessa importante rodovia com o nome de Vila Santa Tereza, anteriormente jurisdição de Goianápolis. Fica a cerca de 30 km da capital do Estado e 160 km da capital federal. Atualmente vem se mostrando como um importante pólo comercial e industrial devido à proximidade dessas capitais.

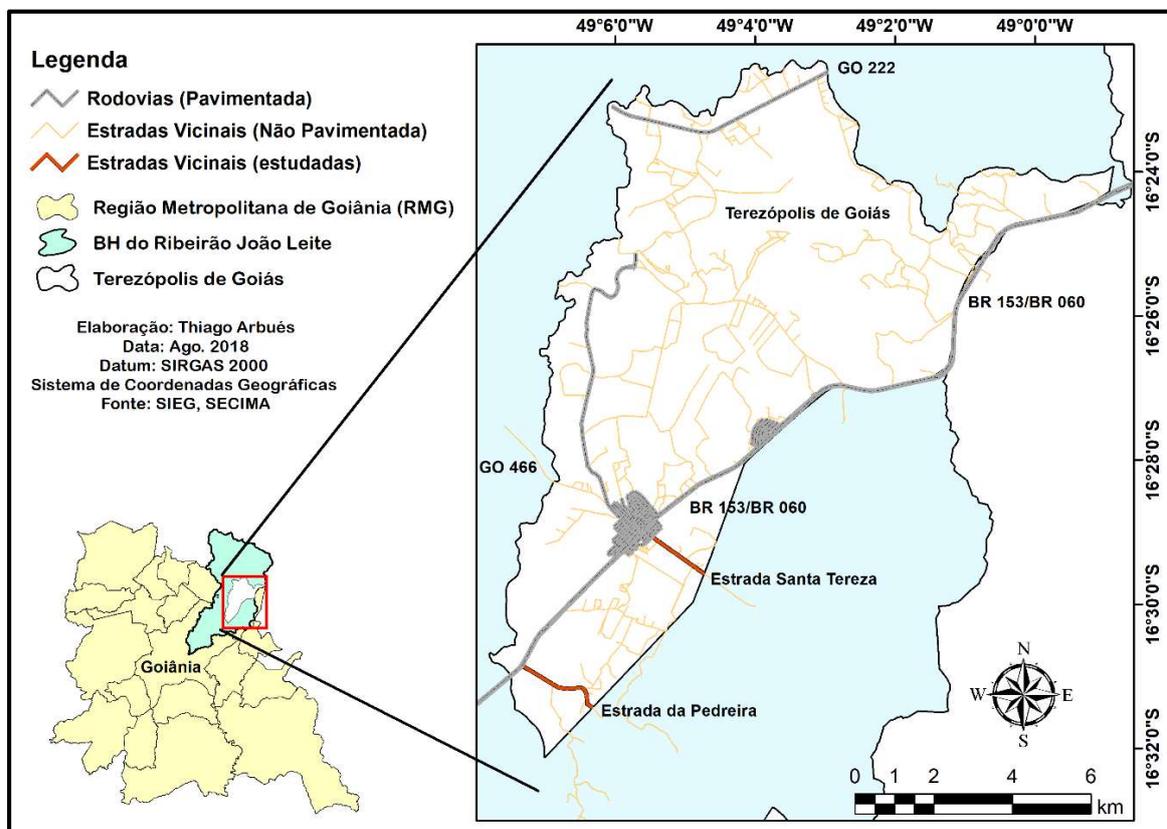


Figura 1 – Área de estudo e estradas vicinais.

Fonte: Google Earth.

## 2.2 Estradas vicinais avaliadas

Foram avaliadas especificadamente duas estradas vicinais: a “Estrada Santa Tereza” que interliga o município de Terezópolis de Goiás a Goianópolis, localizada nas coordenadas geográficas 16°29'11,1"S 49°05'19,5"W (Figura 2); e a estrada conhecida como “Estrada da Pedreira”, localizada nas coordenadas geográficas 16°30'55.9"S 49°07'15.3"W, proporciona o acesso entre a BR-153 (e a zona urbana da cidade) com a Pedreira “Pedra Britada” (Figura 3).



Figura 2 – Estrada Santa Tereza

Fonte: Google Earth® (2018)



Figura 3 – Estrada da Pedreira

Fonte: Google Earth® (2018)

## 2.3 Etapas da pesquisa

As etapas propostas para a execução desse estudo de caso estão descritas resumidamente na Figura 4. Primeiramente realizou-se a coleta de dados e o levantamento das condições das estradas vicinais, para posterior identificação das necessidades de readequação, e por fim, a apresentação das possíveis intervenções. O estudo de tráfego foi feito baseando-se no “Manual de estudos de tráfego” do DNIT e no “Manual de projeto geométrico de rodovias rurais” do DNER (DNIT, 2006; DNER, 1999). A caracterização dos defeitos encontrados nas estradas vicinais avaliadas foi feita a partir de metodologias adaptadas de autores consagrados da área (Eaton, 1987; Oda, 1995; Baesso e Gonçalves, 2003).

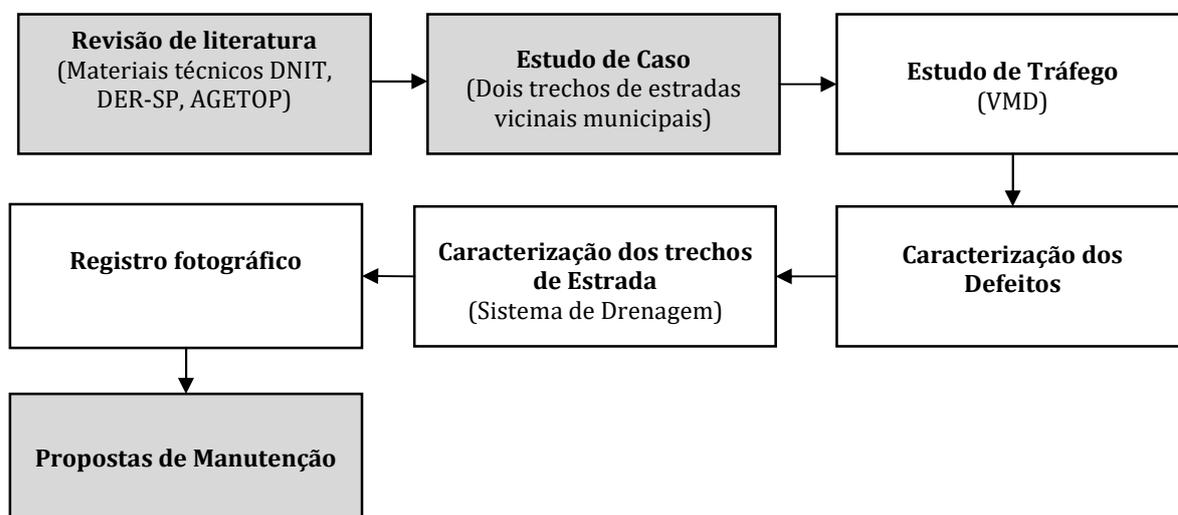


Figura 4 – Sequência de passos realizados na pesquisa.

Os dados para o estudo do volume de tráfego foram coletados nos dias 24 de setembro de 2018 e 15 de outubro de 2018, das 13:00 as 18:00 horas. As estradas vicinais foram percorridas a pé e de carro para levantar as condições da superfície de rolamento.

Os principais pontos com defeitos foram identificados e avaliados qualitativamente atribuindo um nível de severidade, classificado em Baixo (B), Médio (M) e Alto (A). Também procurou associar os defeitos identificados com os acessórios (bueiros, pontes, lombadas, saídas d'água, mata-burros, entre outros) e tipos de uso e ocupação do solo presentes na estrada e no entorno dela.

Posteriormente foi realizado um estudo referenciando os tipos de materiais presentes em cada uma dessas estradas, observando que uma delas é coberta por uma camada de brita de vários tamanhos e em outra, contendo um material diferente com grãos mais finos,

podendo ser considerados como silte ou argila e cascalho. Foi realizado também uma entrevista com um engenheiro civil responsável pela pedreira a fim de obter dados referente a manutenção e custeio da estrada da pedreira.

## 2.4 Principais defeitos

Conhecer tais defeitos, que podem ocorrer em estradas não-pavimentadas, quanto ao tipo de solo que elas apresentam, falta de manutenção ou erro de projeto ou executivo, pode constituir-se numa importante ferramenta para sua prevenção e correção, já que esse estudo pode contribuir para um melhor planejamento do sistema de manutenção e construção dessas vias.

Em apresentação de materiais de estudos, foi possível aplicar uma planilha referenciando os tipos de defeitos mais encontrados em entradas vicinais e as suas principais causas (Tabela 1), e com isso, podendo se ter uma noção a respeito dos defeitos encontrados.

Tabela1 – Defeitos mais encontrados em estradas vicinais e suas causas.

<b>Defeitos (consequência)</b>	<b>Causa principal (origem)</b>	<b>Outras causas</b>
Ondulações transversais Corrugações Lama e Atoleiros	Baixa capacidade de suporte	Excesso de Tráfego Excesso de umedecimento Tipo de solo
Segregação de agregados Buracos Lama e Atoleiros Pista molhada derrapante Excesso de poeira Afloramento de rocha	Mau desempenho da superfície de rolamento	Falta ou falha na camada de revestimento primário Tipo de solo
Seção Transversal Inadequada Drenagem Lateral Inadequada Buracos Perda da capacidade de suporte	Deficiências do sistema de drenagem	

## 2.5 Estudo de tráfego

O tráfego, que através das rodas dos veículos aplica tensões, impõe deformações (recuperáveis ou não) e exerce ação abrasiva sobre a superfície; a água da chuva, que ao umedecer ou encharcar o solo diminui sua capacidade de suporte e que, ao correr sobre a superfície, arranca partículas, transporta e deposita material; a atividade de manutenção, que através do trabalho mecânico, modifica os perfis longitudinais e transversais.

A qualidade de uma estrada, relacionando o conforto e segurança do usuário, pode ser influenciada pelo tipo de solo presente. Segundo a Pesquisa de Inter-relacionamento de Custos Rodoviários (PICR 1981), em estradas com solo predominante de argila não ocorre o aumento das irregularidades com o tempo devido à capacidade de aglutinação da argila.

Em rampas, a influência dos caminhões é reduzida, talvez pelo fato de que nesses trechos a velocidade é mais baixa e ao fato dos caminhões compactarem a superfície, tendendo mesmo a regularizá-la. Nesses trechos, a taxa de desenvolvimento da irregularidade é ainda menor, provavelmente devido à melhor drenagem.

Os defeitos como seção transversal inapropriada e drenagem lateral inapropriada, aparecem em função das características e particularidades das estradas vicinais, como a capacidade de suporte (tipo de solo) e o relevo. Tais defeitos, em função do volume de tráfego, causam a formação de diversos outros tipos de defeitos.

Como consta em DNIT (2006), “o volume médio diário (VMD) é o volume médio de veículos que percorre um segmento de via em 24 horas”. Realizado sobre determinado tempo representativo, onde, salvo informando em contrário, é de um ano. É realizado esse tipo de estudo para analisar a probabilidade de novas vias ou manutenção da via ativa, representando da melhor forma a utilização ou serviço prestado pela estrada, estimando com isso seus benefícios.

“São de uso corrente os seguintes conceitos de volume médio diário:

- Volume médio diário anual (VMDa): número total de veículos trafegando em um ano dividido por 365.
- Volume médio diário mensal (VMDm): número total de veículos trafegando em um mês dividido pelo número de dias do mês. É sempre acompanhado pelo nome do mês a que se refere.
- Volume médio diário semanal (VMDs): número total de veículos trafegando em uma semana dividido por 7. É sempre acompanhado pelo nome do mês a que se refere. É utilizado como uma amostra do VMDm.
- Volume médio diário em um dia de semana (VMDd): número total de veículos trafegando em um dia de semana. Deve ser sempre acompanhado pela indicação do dia de semana e do mês correspondente.” (Dados DNIT/ 2006)

O Volume médio diário em um dia de semana (VMDd) dos trechos estudados foi determinado utilizando um ponto fixo em cada um dos trechos (Figuras 5 e 6). Dessa forma, realizou-se a contagem manual do tráfego dos principais meios de transporte que passaram pela estrada, durante um período de 5 horas realizado em dois dias distintos. O modelo de ficha utilizado no levantamento do volume de tráfego está apresentado na Tabela 2.



Figura 5 - Ponto de coleta VMD, estrada da Pedreira.

Fonte: Google Earth (2018)



Figura 6 - Ponto de coleta VMD, estrada Santa Tereza.

Fonte: Google Earth (2018)

Tabela 2. Modelo de ficha para o levantamento do volume de tráfego.

VOLUME DE TRÁFEGO								
Via:			Trecho:					
Pesquisador:			Data:					
Hora	Carro	Moto	Micro-ônibus	Caminhão 3 eixos	Caminhão 5 eixos	Caminhão 6 eixos	Trator	Outros
13:00h às 18:00h								
Total veículos								

O volume de tráfego é um importante parâmetro para estipular estudos de estradas, sabendo o quantitativo médio anual, mensal, diário ou por hora de cada tipo de veículo, sendo necessário para estipular a carga presente na pista de rolamento. Foi utilizado parâmetros de amostragem pegos a um ponto distinto da estrada para a análise de seu VMD.

As condições das estradas vicinais foram registradas fotograficamente com intuito de melhorar a visualização e exemplificação dos principais defeitos encontrados nas estradas estudadas e fazer um comparativo entre as variáveis de interesse.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A extensão total das estradas vicinais foi de aproximadamente 4,0 km (Tabela 3). As duas estradas estão localizadas no município de Terezópolis, porém extrapolaram o limite municipal, continuando em Goianópolis. Podemos chamá-las de estradas intermunicipais. A Estrada Santa Tereza está numa altitude maior que a Estrada da Pedreira, apesar disso, ambas não estão sobre o divisor topográfico da bacia hidrográfica.

Tabela 3. Nome, extensão e localização das estradas vicinais estudadas em Terezópolis

Nome	Extensão (km)	Início do trecho			Fim do trecho		
		UTM (E)	UTM (N)	ALT (Z)	UTM (E)	UTM (N)	ALT (Z)
Estrada Santa Tereza	1,63	703.873,0	8.176.397,0	809,0	705.196,0	8.175.460,0	824,0
Estrada da Pedreira	2,31	700.569,0	8.173.103,0	759,0	702.366,0	8.172.020,0	788,0

O início do trecho estudado da Estrada Santa Tereza se dá no perímetro urbano de Terezópolis e o fim do trecho fica próximo ao reservatório da Saneago, a cerca de 650 m do divisor topográfico. O trecho analisado da Estrada da Pedreira se inicia no divisor topográfico, na BR-153, e termina cortando um afluente do Córrego do Grama. A Estrada Santa Tereza também corta a rede de drenagem em pelo menos um ponto. Essas observações permitem considerar que os dois trechos avaliados estão mais próximos do fundo de vale do que do divisor topográfico, o que não é recomendado do ponto de vista técnico.

A Estrada da Pedreira (Figura 7) está localizada na sub-bacia hidrográfica do Córrego do Grama sobre duas classes de solos: Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico (1,65 km de extensão) e Latossolos Vermelho Ácricos (0,66 km de extensão). O Argissolo está sob relevo ondulado com declividade média  $9,89 \pm 0,78\%$  e altitude média  $792,11 \pm 18,12$  m. O Latossolo também está sob relevo ondulado com declividade média  $9,35 \pm 0,0\%$  e altitude média  $790,75 \pm 9,40$  m. A largura média dessa estrada foi 6 m, possui função coletora, jurisdição municipal e revestimento primário com brita.



Figura 7 – Estrada da Pedreira, situação em setembro de 2018

Encontrou-se em seu perímetro um material de brita ao longo de seu revestimento de base, sendo oriundo de uma pedreira próxima, ou seja, material despejado ali por humanos a fim de proporcionar uma aderência maior aos pneus dos caminhões, tentando evitar tais tipos de defeitos ou prováveis acidentes.

Teve-se por objetivo o uso da brita na estrada, atribuída como um material para ajudar na resistência da estrada vicinal, a fim de que haja mais compacidade e adensamento dos materiais misturados e sendo assim, ter um aproveitamento melhor da pista devido ao grande fluxo de caminhões pela região, evitando o constante desgaste e surgimento de graves defeitos e conseguindo uma maior duração sem a necessidade de manutenções.

A Estrada Santa Tereza (Figura 8) está localizada na Sub-bacia do Córrego Maria Paula sobre duas classes de solos: Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico (1,37 km de extensão) e Latossolos Vermelho Ácricos (0,26km de extensão). O Argissolo está sob relevo ondulado com declividade média  $9,98 \pm 0,0\%$  e altitude média  $811,08 \pm 8,84$  m. O Latossolo também está sob relevo ondulado com declividade média  $8,98 \pm 0,0\%$  e altitude média  $813,49 \pm 8,41$  m. A largura média dessa estrada foi 5 m, possui função arterial, jurisdição municipal e revestimento primário com cascalho.



Figura 8 – Estrada de Santa Tereza, situação em setembro de 2018

Em seu perímetro, encontrou-se uma estrada provida de argila e cascalho, um material mais fino sendo natural oriunda da região; Essa mistura de argila e cascalho em estradas vicinais é considerada como de boa aderência e escoamento superficial de água, devido seu material possuir uma maior aglutinação e com isso, proporcionando maior estabilidade em sua granulometria.

### **3.1 Volume de tráfego**

O volume médio de tráfego referente à Estrada da Pedreira foi de 223 veículos diariamente e na Estrada Santa Tereza foi de 106 veículos diariamente. Portanto, na Estrada da Pedreira houve diariamente um maior fluxo de veículos, devido esse trecho ter uma ligação direta com a Pedreira. Por esse motivo o fluxo de caminhões foi maior, o que afetou o comportamento da plataforma.

Devido ao peso dos veículos carregados, há uma maior preocupação em relação ao eixo de rolagem da via. Contudo, na Estrada Santa Tereza, mesmo ligando dois municípios, não há ocorrência de grandes de veículos utilitários e/ou cargueiros. Exceto o transporte de gado de corte sazonalmente realizado através da Estrada Santa Tereza, pois às margens dessa via encontra-se uma das maiores fazendas de engorda desses animais.

Os resultados levantados foram apresentados nas Tabelas 4 a 7, levantando o volume médio sobre cada eixo, fixando um ponto de coleta desses dados em um horário estabelecido em normas e subsequente obtendo esses resultados diariamente. Como se obteve resultados distintos sobre horários e dias distintos foi feita uma média sobre os dois resultados obtendo-se o volume médio diário. Com base nesse valor a velocidade de projeto é de 40 km/h (DER-SP, 2012).

Tabela 4. Volume de tráfego aplicado a Estrada da Pedreira.

<b>VOLUME DE TRÁFEGO</b>							
Via: Estrada da Pedreira				Trecho: Figura 6			
Pesquisador: Lucas Alves Calvão				Data: 24/09/2018			
Hora	Carro	Moto	Caminhão 3 eixos	Caminhão 5 eixos	Caminhão 6 eixos	Trator	Outros
13:00h às 18:00h	5	3	13	10	7	2	2
<b>TOTAL VEÍCULOS</b>	<b>42</b>						

Tabela 5. Volume de tráfego aplicado a Estrada Santa Tereza.

<b>VOLUME DE TRÁFEGO</b>							
Via: Estrada Santa Tereza				Trecho: Figura 7			
Pesquisador: Lucas Alves Calvão				Data: 24/09/2018			
Hora	Carro	Moto	Caminhão 3 eixos	Caminhão 5 eixos	Caminhão 6 eixos	Van	Outros
13:00h às 18:00h	6	4	1	0	0	1	4
<b>TOTAL VEÍCULOS</b>	<b>16</b>						

Tabela 6. Volume de tráfego aplicado a Estrada da Pedreira.

<b>VOLUME DE TRÁFEGO</b>							
Via: Estrada da Pedreira				Trecho: Figura 6			
Pesquisador: Lucas Alves Calvão				Data: 16/10/2018			
Hora	Carro	Moto	Caminhão 3 eixos	Caminhão 5 eixos	Caminhão 6 eixos	Trator	Outros
13:00h às 18:00h	6	5	15	13	8	1	3
<b>TOTAL VEÍCULOS</b>	<b>51</b>						

Tabela 7. Volume de tráfego aplicado a Estrada Santa Tereza

<b>VOLUME DE TRÁFEGO</b>							
Via: Estrada Santa Tereza				Trecho: Figura 7			
Pesquisador: Lucas Alves Calvão				Data: 16/10/2018			
Hora	Carro	Moto	Caminhão 3 eixos	Caminhão 5 eixos	Caminhão 6 eixos	Van	Outros
13:00h às 18:00h	12	7	3	0	0	2	4
<b>TOTAL VEÍCULOS</b>	<b>28</b>						

### 3.2 Identificação dos serviços de manutenção

#### 3.2.1 Estrada da pedreira

Observando as condições atuais do trecho da estrada da pedreira foram identificados alguns defeitos e avaliou-se a necessidade da recuperação e manutenção, apresentando possíveis intervenções uma vez que a grande proporção dos defeitos gerados é responsável por boa proporção de gastos na malha viária.

Ao se aproximar da Estrada da Pedreira já é visível alguns defeitos existentes como buracos de diversos tipos e tamanhos ao longo do trecho, materiais de granulometrias variadas (Figura 9), e assim sendo a cada veículo que se passa pela região, percebe-se a movimentação de britas e ocasionando a uma nuvem de poeira.



Figura 9 - Materiais de diversas granulometrias soltas.

Observou-se em diversos trechos ao longo da Estrada da Pedreira a presença de materiais soltos sobre a pista. Essa via possui uma camada de pedras britadas para se aderirem ao solo e de fato ocasionar a uma melhoria em seu leito (Figura 10). É realizado gradativamente uma compactação prensando esse tipo de brita sobre o solo, resultando em uma aderência melhorada para os caminhões, porém constatou-se que devido ao grande fluxo de cargas pesadas e incoerências na manutenção dessa estrada, acabou-se degradando o solo, e conseqüentemente causando buracos sobre a pista.

Solução: realização de uma simples regularização da pista com a motoniveladora; reconformação da pista e compactação.



Figura 10: Degradação do material presente na estrada e buracos.

O engenheiro civil, responsável técnico e gerente da empresa Pedra Britada afirmou em entrevista que as principais manutenções realizadas no trecho da Estrada da Pedreira usado pela empresa para o transporte de brita foram corte de árvores, limpeza das saídas d'água, operação tapa-buracos com material "solo brita", e revestimento de algumas saídas d'água com pedras. Na ocasião, a compactação do material é feita pelos próprios caminhões que circulam diariamente por esse trecho. De acordo com o gerente, circulam pelo trecho em média 30 caminhões por dia, mas esse número aumenta conforme a demanda dos clientes. Esses caminhões possuem 5 eixos e peso bruto de 45 toneladas, os quais carregam entre 27 a 32 toneladas de material britado. O gerente ainda explicou que os gastos com a manutenção do trecho são irrelevantes para a empresa, por isso não há como falar em preço médio gasto por quilômetro.

Segundo Nogami e Villibor (1995), os tipos de bases mais utilizadas em rodovias vicinais com pavimentos econômicos são: SAFL (Solo Arenoso Fino Laterítico), solo brita, solo cimento e brita graduada. A base de solo brita é constituída por 70% de brita, em peso. No entanto, esses autores garantem que o preço da base de SAFL é o menor, sendo da ordem de 29% do preço das bases de solo brita ou de solo cimento e 19% do preço da base de brita graduada. O preço total da base de solo brita foi de 27,72 R\$/m<sup>2</sup>, enquanto que o preço da base de SAFL foi de 18,08 R\$/m<sup>2</sup>.

De acordo com Eaton et al. (1987) pode-se dar uma classificação ao defeito segregação de agregados, sendo Baixa onde possuem agregados soltos em sua pista ou uma guia de agregados menor que 5 cm de altura no seu acostamento ou na sua área onde se menos transita, Média uma guia de agregados com alturas entre 5 cm e 10 cm sobre seu acostamento e Alta se definindo por uma guia de agregados a uma altura superior a 10 cm em seu acostamento ou fora dos eixos de rolagem dos pneus.

Em relação ao presente estudo, identificou-se que o trecho estudado se remete a uma classificação MÉDIA por apresentar em seu acostamento agregados soltos com altura máxima de 7 cm.

Solução: Operação tapa-buraco necessário para tapar os buracos já existentes, realizando um procedimento fortalecido e misturando sua capa de brita adequadamente com o cascalho provido na região, evitando assim que os buracos existentes aumentem podendo provocar erosões e a realização de motonivelamento para reconformação da superfície da pista de rolamento, evitando novas aberturas.

Para que a estrada apresente boas condições de escoamento e de aderência, o solo que o constitui deve incluir material granular (areia e cascalho) e um material ligante, como a argila, para aglutinar os grãos do material granular. Ou seja, deve fazer-se a mistura deste material ligante com o granular e, por fim, compactar a mistura.

A ação do tráfego em estradas vicinais gradativamente faz com que as partículas do solo se soltem da superfície de rolamento. O constante tráfego de veículos leves e pesados sobre essas áreas ocasionou em uma nuvem de poeira (Figura 11) sendo perigosa para outros veículos que estão logo atrás e é um ponto negativo para o meio ambiente.



Figura 11: Excesso de pó após passagem de veículo, trecho Estrada da Pedreira.

Essa nuvem de poeira pode ser classificada densa decorrente de uma nuvem com pouca poeira alterando pouca a visibilidade, suavemente densa onde ocorre uma nuvem com maior tamanho obstruindo parcialmente a pista, porém acarretando em um tráfego mais lento, e muito densa onde há uma nuvem que obstrui totalmente a visibilidade causando um tráfego muito lento ou parado, de acordo com cada veículo que passa sobre a pista referente, a uma velocidade média de 40 km/h, tirando a visibilidade da pista.

Ao trecho analisado, pelo fato de decorrentes tráfegos de caminhões pesados e cargueiros com cargas pesadas, a pista foi determinada como sendo muito densa, onde há trechos em que ao passar o fluxo de veículos pesados, fica obstruída totalmente a visibilidade do condutor, e conseqüentemente ocasionando um trânsito lento ou parado.

Solução: Métodos de aplicação dos redutores de pó, escarificação da camada final da pista de rolamento; regularização e reconformação da superfície escarificada; abaulamento.

### *3.2.2 Estrada Santa Tereza*

Ao se observar a condição atual no trecho da Estrada Santa Tereza, notou-se diferentes defeitos em relação à Estrada da Pedreira, relacionando suas características e se adequando a parâmetros de manutenção e recuperação deste trecho.

A drenagem lateral garante à pista uma boa condição de escoamento das águas pluviais, evitando o acúmulo ao longo de sua plataforma, essa drenagem é feita construindo as devidas canaletas de escoamento de águas pluviais.

Em referência ao suporte de drenagem, foi encontrado ao longo do trecho, valetas onde se percorre até a descarga de drenagem (Figura 12), analisando tal defeito se identifica em desacordo com as normas estabelecidas de conformidade em estradas, pois não possui valetas e seção transversal de escoamento da água pluvial adequada em todo o percurso do trecho analisado e, contudo, identificou que o correto a ser realizado no local para correção de tal problema, se resulta na implementação de valetas corretas para o escoamento de água, evitando assim diversos tipos de outros defeitos, tais como ondulações, buracos e até mesmo erosões no local, devido ao relevo da região.



Figura 12 - Descarga de drenagem de água pluvial, estrada Santa Tereza.

Foi encontrado de acordo com estudos realizados ao longo do trabalho, o que se chama de seção transversal inadequada (Figura 13) devido a fatores como outras manutenções periódicas de patrolamento e raspagem não sendo realizados os devidos cuidados com o nivelamento adequado da pista, onde ocasionou em uma seção transversal inadequada causando consequentemente outros defeitos.

Solução: manutenção de abaulamento adequado, com declividade transversal de 3 a 4%, a fim de minimizar o acúmulo de água na estrada. A seção transversal varia em função do tipo de solo e relevo, no caso de solos argilosos a declividade transversal pode ser maior.



Figura 13 – Seção transversal inadequada, estrada Santa Tereza.

As ondulações ou costela-de-vaca (Figura 14) foi outro problema encontrado na via, provocando trepidações em veículos pesados ao passar pelo trecho, ocorrendo à soltura de materiais e com o tempo causando ondulações na pista, sendo definidas como ondas transversais ao longo da pista de rodagem.

Avaliando as estradas vicinais, Eaton (1987) classificam os níveis de severidade dessas ondulações como: Baixa – onde há ondulações com profundidade menor que 2,5 cm; Média – ondulações com profundidades entre 2,5 e 7,5 cm; e Alta – onde se encontra ondulações com profundidades superiores a 7,5 cm. Consequentemente, a maioria das ondulações encontradas teve a severidade Baixa, devido ao fluxo moderado de veículos leves e fluxo baixo de veículos pesados.

Solução: recomposição da drenagem superficial (sarjetas) e uso do bico de lâmina da motoniveladora.



Figura 14: Costela-de-vaca, estrada Santa Tereza.

No trecho estudado da Estrada Santa Tereza, também foram encontrados problemas relacionando o excesso de pó (Figura 15), onde o cascalho e a terra ocasionam uma grande nuvem de poeira. De acordo com estudos a literatura apresentada ao longo do trabalho, podemos classificar a “poeira” deste trecho como densa, levando em consideração a nuvem de pó formada não atrapalhar o fluxo de veículos.

Solução: Métodos de aplicação dos redutores de pó, escarificação da camada final da pista de rolamento; regularização e reconformação da superfície escarificada; abaulamento.



Figura 15: Excesso de pó após passagem de veículo, estrada Santa Tereza.

### 3.3 Propostas de manutenção

Tabela 8 – Principais defeitos, causas e propostas de solução adequados.

<b>Defeitos (consequência)</b>	<b>Causa principal (origem)</b>	<b>Solução</b>
Corrugações	Baixa capacidade de suporte	Empregar um material de revestimento apresentando composição adequadamente balanceada
Afundamento das trilhas de rodas		Simple regularização da plataforma
Excesso de poeira	Mau desempenho da superfície de rolamento	Métodos de aplicação dos redutores de pó: escarificação da camada final da pista de rolamento; regularização e reconformação da superfície escarificada;
Buracos		Operação tapa-buraco Motoniveladora para reconformação da superfície da pista de rolamento.
Segregação de agregados		Regularização pura e simples da superfície de rolamento
Seção Transversal Inadequada	Deficiências do sistema de drenagem	A seção transversal deve ser trabalhada com abaulamento da faixa de tráfego em percentual de declividade da ordem de 4%.
Drenagem Lateral Inadequada		Recomposição da drenagem superficial (sarjetas) – uso do bico de lâmina da motoniveladora

## 4 CONCLUSÃO

Os defeitos encontrados nas duas estradas estudadas apresentaram características distintas, pois existe indicativo que o volume de tráfego exerceu maior influência sobre a ocorrência e severidade de poeira, enquanto que a maior ocorrência e severidade de buracos foram atribuídas ao tipo do material usado no revestimento da estrada.

A severidade da poeira foi maior na Estrada da Pedreira, provavelmente devido ao maior tráfego de caminhões. A severidade dos buracos na Estrada da Pedreira foi menor, provavelmente devido ao uso da base de solo brita em operações tapa-buracos.

A solução mais adequada aos diferentes tipos de defeitos encontrados seria uma regularização da plataforma e da pista de rolamento gradativamente, e recomposição da drenagem superficial.

## REFERÊNCIAS

ANJOS FILHO, O. **Estradas de terra**. Jornal O Estado de São Paulo. São Paulo, 29 de abril de 1998. Suplemento agrícola.

BAESSO, Dalcio Pickler; GONÇALVES, Fernando Luiz. **Estradas Rurais: Técnicas Adequadas de manutenção**. DER, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<http://ertam2003.blogspot.com.br/>> Acesso dia 15 set. 2018.

BARAT, J. **O Custo Da Ineficiência Brasileira**. *Revista Problemas Brasileiros*. N. 351. 2002

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Pesquisa Rodoviária 2016: Relatório Gerencial**, Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO(DNER/SP). **Manual Básico de Estradas e Rodovias Vicinais**. Volume I. 226p. São Paulo, 2012. Disponível em: <[ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/manuais/Manual\\_Basico\\_de\\_Estradas\\_e\\_Rodovias\\_Vicinais-Volume\\_I.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/manuais/Manual_Basico_de_Estradas_e_Rodovias_Vicinais-Volume_I.pdf)> Acessado dia 05 out. 2018.

DNER. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. Rio de Janeiro, 1999.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transportes. **Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Conservação Rodoviária**. 3a ed. 2006.

EATON, R. A.; GERARD, S.; D.W. CATE. **Rating Unsurfaced Roads** – A field manual for measuring maintenance problems. Special Report 87-15 U.S. Army Corps of Engineers. Cold Regions Research & Engineering Laboratory, 1988. Disponível em: <<http://enzymeroads.com/uploaded/URCI.PDF>> Acessado dia 16 out. 2018.

FATTORI, B. J. **Manual Para Manutenção De Estradas Com Revestimentos Primários**. 2007. 80 f. Pesquisa Científica (Diplomação em Engenharia Civil) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2007.

GRIEBELER, N. P. **Modelo para o dimensionamento de redes de drenagem e de bacias de acumulação de água em estradas não pavimentadas**. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais. 2002. 134pg.

JUNIOR, G. D. B. D.; PALARO K. L. **Avaliação Da Necessidade De Readequação De Estradas Rurais: Estudo De Caso Em Trecho De Estrada Não Pavimentada No Município De Pato Branco (PR)**. 2014. 105 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Pato Branco, 2014.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR D. F. **Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos**. Editora Villibor: São Paulo/SP, 1995. 213pg.

NUNES, T. V. L. **Método de previsão de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso das redes neurais artificiais**: trecho de Aquiraz - CE. 2003. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

ODA, S. **Caracterização de uma rede municipal de estradas não-pavimentadas**. 1995. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1995.

SANTOS, Álvaro Rodrigues dos; et. al. **Estradas vicinais de terra. Manual Técnico para conservação e recuperação**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo, 1988, 132pg.

# **INFLUÊNCIA DO VOLUME DE TRÁFEGO E DE MATERIAIS GRANULARES NAS CARACTERÍSTICAS DOS DEFEITOS DE DUAS ESTRADAS VICINAIS EM TEREZÓPOLIS DE GOIÁS**

**CALVÃO, Lucas Alves<sup>1</sup> e BOTELHO, Thiago Henrique Arbués<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Estudante do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA. <sup>2</sup> Professor Orientador Ms. do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA.

Desde a antiguidade, o homem tem a necessidade de transportar materiais e produtos a fim de favorecer o trâmite de mercadoria a determinados lugares. Com o crescimento da população, há uma necessidade de se aumentar a malha viária a fim de possibilitar o acesso de um lugar para outro com diferentes tipos de transportes. Com a grande demanda de utilizadores da malha viária e a relação entre orçamento e a qualidade baixa das estradas, faz-se necessário constante manutenções de qualidade em rodovias urbana e rural a fim de evitar constantes danos ou defeitos. O objetivo do presente trabalho foi verificar a influência do volume de tráfego e de dois tipos de materiais granulares (brita e cascalho) nas características dos defeitos de duas estradas vicinais e indicar as devidas soluções. A pesquisa foi realizada por meio de estudo de tráfego com base nas recomendações do DNIT bem como outros órgãos e dispositivos estaduais e municipais, foi feito um estudo de caso na “Estrada da Pedreira” e na “Estrada de Santa Tereza” localizadas em Terezópolis de Goiás-GO. A análise dos dados apresentados dará uma estimativa dos defeitos encontrados em cada uma das estradas analisando os dois tipos de solo. A partir do estudo em campo e conseqüentemente da análise dos defeitos apresentados, foi possível apresentar um quadro de defeitos e suas respectivas soluções em estradas vicinais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estradas não pavimentadas. Drenagem. Severidade. Solo brita. Custos.