

FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA

LAIRA AYSLA FERREIRA NEVES

TULIO OLIVEIRA RAMOS

ANÁLISE DE EROÇÃO – ESTUDO DE CASO MG 329 CARATINGA/MG

**CARATINGA
2018**

LAIRA AYSLA FERREIRA NEVES

TULIO OLIVEIRA RAMOS

FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA

ANÁLISE DE EROSÃO – ESTUDO DE CASO MG 329 CARATINGA/MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil das Faculdades DOCTUM de Caratinga, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Geotécnica.

Orientador: Prof. Thales Leandro de Moura

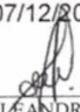
**CARATINGA
2018**

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ANÁLISE DE EROSÃO - ESTUDO DE CASO MG 329 CARATINGA/MG, elaborado pelo(s) aluno(s) LAIRA AYSLA FERREIRA NEVES e TULIO OLIVEIRA RAMOS foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 07/12/2018



THALES LEANDRO DE MOURA
Prof. Orientador



BÁRBARA DUTRA DA SILVA
Prof. Avaliador 1



SIDINECI SILVA ARAÚJO
Prof. Examinador 2

AGRADECIMENTOS

À Deus, que nos deu direção e força para prosseguir e em nossos momentos de desespero foi nosso amparo, à Ele nosso amor e gratidão.

Ao professor e orientador Thales, por todo aprendizado de suma importância para conclusão dessa etapa, por sua paciência em nos atender e por sua amizade e carinho que nos acalmou nos momentos difíceis.

À professora Camila, que também nos auxiliou, esteve sempre à disposição para tirar quaisquer dúvidas, o nosso muito obrigado.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Cu	Curva de Uniformidade
USLE	Equação Universal de Perdas de Solo
G	Pedregulho
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Km	Quilômetros
MG	Minas Gerais
Mm	Milímetro
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation (Equação Universal de Perdas de Solo Revisada)
S	Areia

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Erosão laminar	16
Figura 2 Erosão Linear	17
Figura 3 Erosão em sulcos.....	18
Figura 4 Erosão em ravinas	18
Figura 5 Voçorocas	19
Figura 6 Efeito splash e arrastamento do solo pela água	20
Figura 7 Aumento da velocidade de escoamento por declividade	22
Figura 8 Vegetação na proteção do solo.....	23
Figura 9 Contenção com geossintético	31
Figura 10 Elementos de drenagem superficial	32
Figura 11 Barrio e Local da Erosão.....	36
Figura 12 Erosão na Mg 329.....	36
Figura 13 Erosão sendo coberta por uma camada de solo.....	37
Figura 14 Peneiras para ensaio	38
Figura 15 Visibilidade longitudinal externa e interior da erosão	39
Figura 16 Resultados obtidos nos ensaios.....	39
Figura 17 Curva granulométrica	40

RESUMO

O processo da erosão ocorre de forma natural desencadeadas pelos agentes como vento, água e clima. Tal processo é causado pelo escoamento superficial do solo, possibilitando o surgimento de sulcos, ravinas e voçorocas em regiões com inclinações elevadas favorecendo o deslizamento de terra. A erosão também pode ser acelerada pelo uso e ocupação humana. O caso se repete onde há existência de obras na qual não há aplicação de medidas preventivas necessárias. A presente pesquisa teve como objetivo o estudo de caso da erosão localizada na MG 329 – km 1, a qual vem progredindo e já ocupa parte da rodovia transitável o que futuramente poderá interditar a via. Através de estudos bibliográficos foi abordado vários tipos de erosões, suas possíveis causas e seus métodos de prevenção e correção de problemas gerados por causa delas. Analisando o tipo de solo e terreno é aplicado o conhecimento adquirido pelos autores abordados uma solução eficaz e econômica para o estudo de caso.

Palavras-Chave: Erosão; Revisão bibliográfica; Solo.

ABSTRAT

The erosion process occurs naturally triggered by agents such as wind, water and climate. This process is caused by the superficial runoff of the soil, allowing the appearance of furrows, ravines and gullies in regions with high slopes favoring landslide. Erosion can also be accelerated by human use and occupation. The case is repeated where there is existence of works in which there is no application of necessary preventive measures. The present study had the objective of studying the case of erosion located in MG 329 - km 1, which has been progressing and already occupies part of the road that can be interdicted in the future. Through bibliographic studies, several types of erosions were discussed, their possible causes and their methods of prevention and correction of problems generated because of them. Analyzing the soil and soil type is applied the knowledge acquired by the authors addressed a solution to

Keywords: Erosion; Literature review; Ground.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Contextualização	11
1.2 Objetivo	12
1.2.1 Objetivo geral	12
1.2.2 Objetivo específico	12
1.3 Justificativa	12
1.4 Estruturação do trabalho	12
2 FUNDAMENTAÇÃO	14
2.1 Conceito de erosão	14
2.2 Classificação das erosões	16
2.2.1 Erosão Laminar	16
2.2.2 Erosão Linear	16
2.2.2.1 Sulcos	17
2.2.2.2 Ravinas	18
2.2.2.3 Voçorocas	19
2.3 Causas da erosão	19
2.3.1 Precipitação pluviométrica (chuva)	20
2.3.2 Fatores do terreno	20
2.3.3 Camada de vegetação	22
2.3.4 Erodibilidade do solo	23
2.3.5 Ação antrópica	24
2.4 Métodos de prevenção, controle e recuperação de erosão	26
2.5 Práticas de prevenção de erosão	27
2.5.1 Práticas vegetativas	28
2.5.1.1 Florestamento e Reflorestamento	28
2.5.1.2 Pastagens	29

2.5.2 Práticas edáficas	30
2.5.3 Práticas mecânicas	31
2.6 Ensaio de caracterização do solo	33
2.6.1 Preparação do solo para ensaios	33
2.6.2 Análise Granulométrica	33
3 METODOLOGIA	35
3.1 Classificação da Pesquisa.....	35
3.2 Procedimentos Metodológicos.....	35
3.2.1 Estudo de caso.....	35
3.2.2 Coleta do solo	37
3.2.3 Análise granulométrica.....	37
4 Resultados e Discussões	39
5 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O processo erosivo é iniciado por diversos motivos em estradas, rodovias e centros urbanos, devido à localização intertropical do Brasil o que o torna um país de altas temperaturas, mas também com alto índice pluviométrico, isso faz com que a erosão hídrica seja predominante no país. (DEMARCHI, 2012). No presente trabalho estuda-se a erosão desencadeada nas margens da Rodovia Geraldo Grossi MG 329 a partir do km 1, a qual levemente foi sendo obstruída com a ocorrência de enxurradas devido às chuvas, hoje, em alguns trechos além de ocupar o canto externo da rodovia fora da faixa transitável, a mesma já ocasionou a fragmentação de parte da camada asfáltica, expondo em alguns pontos a base do solo asfáltico.

Para Demarchi (2012), a ação do homem, denominada de ação antrópica e a distribuição e intensidade das chuvas ocasionam as erosões, as erosões naturais possuem uma vantagem na natureza, que é a evolução de sua superfície com a movimentação das partículas de solo podendo até mesmo formar novas paisagens, já a ação antrópica provoca o aceleração e intensificação das erosões onde em algumas situações ultrapassam os limites e trazem danos à natureza como a diminuição da fertilidade do solo, o assoreamento de cursos d'água, entre outros e também causam danos em suas próprias obras, que no caso das rodovias, as erosões causadas por suas ações comprometem as rodovias causando até mesmo o impedimento de traslado.

Neste ano de 2018, a pesquisa de rodovias realizada pela CNT, fez um levantamento em mais de 107.000 km de rodovias no Brasil, onde 50,9% do total pesquisado, apresentou problemas na pavimentação, entre eles a apresentação de buracos que não tendo a manutenção ou intervenção necessária resulta em erosões que causam transtorno aos que utilizam as mesmas (ANDRADE, 2018, p. 1).

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo geral

Associar a erosão desencadeada nas margens da MG 329, às possíveis causas com base em ensaios laboratoriais e revisão bibliográfica para que com isso seja estabelecida uma solução para erosão apresentada.

1.2.2 Objetivo específico

- Verificar detalhadamente o trânsito diário no local;
- Analisar o índice pluviométrico da região;
- Coletar e analisar amostras do solo;
- Investigar o solo através de ensaios laboratoriais;
- Análise da forma de retenção e solução eficaz para erosão.

1.3 Justificativa

Com o aumento da impermeabilização do solo ocorrida por causa do crescimento de cidades, gera maiores níveis de escoamento superficial, sendo este um dos principais fatores no processo erosivo. O presente trabalho aborda através de um estudo de caso de forma clara e contextualizada, os problemas como custos, acidentes e impedimento de locomoção que são ocasionados pelos processos erosivos, que podem ser evitados através de meios de contenção.

1.4 Estruturação do trabalho

Capítulo 1: Trata-se da introdução à monografia, compondo-se de maneira concisa e objetiva o tema, a problematização, a justificativa, os objetivos a serem alcançados e a estruturação da pesquisa.

Capítulo 2: Apresenta toda a revisão bibliográfica para conhecimento e entendimento do conteúdo abordado.

Capítulo 3: Apresenta o processo de conhecimento do solo e região em estudo, os ensaios realizados para caracterização do solo de acordo com normas da ABNT e toda metodologia aplicada no estudo.

Capítulo 4: Determinação das causas da erosão em análise e apresentação de possível solução.

Capítulo 5: Considerações finais do tema proposto.

2 FUNDAMENTAÇÃO

Pode se observar em rodovias e até mesmo dentro dos centros urbanos a constante presença de erosões, na maioria das vezes dentro dos centros urbanos é devido à ação antrópica com manutenções em redes pluviais, já nas rodovias, além do desgaste do solo asfáltico que ocorre ao longo dos anos é comum notar nas margens variadas erosões, muita das vezes provocadas pelas enxurradas das chuvas, mas, para conhecer o motivo das erosões é necessário estudar o local e realizar análises laboratoriais de amostra do solo para conhecimento e determinação do solo.

2.1 Conceito de erosão

De acordo com Almeida Filho (2001, p 72), “define-se erosão como a desagregação e remoção do solo ou fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento e gelo”, portanto, conceitualmente pode-se dizer que se trata de processo de desgaste da superfície terrestre, devido à ação de agentes naturais e antrópicas, como confirma Stephan (2010, p. 5), “O processo de desgaste do solo ou da rocha ocorre devido à atuação dos fatores naturais e antrópicos.”

Dentro do processo de interação geológico e geomorfológico, encontram-se variados tipos de mecanismos que atuam para modificarem a geologia local que podemos ver, os mesmos podem ser químicos e também físicos, conhecidos como intemperismo, é o mesmo que determina os estágios dos processos citados anteriormente, de forma que alteram os elementos que o compõe. (SALOMÃO E ANTUNES, 1998)

Baseando nas informações de Das e Sobhan (2015), ambos os mecanismos provocam a alteração das rochas, o físico apenas fragmenta, criando nova rocha sem modificar sua composição mineral, já o químico além de fragmentar, modifica os minerais da rocha por meio de reação química natural, formando outra rocha com diferente composição química.

Conforme o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (1989), a erosão pode ser “normal” ou geológica, que se desenvolve em condições de equilíbrio com a

intensidade de formação do solo ou antrópico, cuja intensidade é superior à da formação do solo, não permitindo a sua recuperação natural.

Segundo Silva (2008, p. 3), “[...] o homem desmata grandes áreas a fim de ampliar a produção, desencadeando problemas ambientais como: erosão do solo e conseqüentemente o assoreamento de outras áreas”. A falta de planejamento do manejo do solo tanto pelo meio urbano como rural, é um fator crucial para aceleração da erosão e todas as suas conseqüências. O Quadro 1 demonstra os tipos de ocupação feitas pelo homem e seus impactos no solo.

Quadro 1 Ações antrópicas e suas conseqüências

USO E OCUPAÇÃO		INTERVENÇÃO	IMPACTOS	CONSEQÜÊNCIA
URBANA	Loteamento	Remoção da cobertura vegetal Terraplanagem: cortes e aterros	Erosão - Modificação da paisagem	Assoreamento; Inundações / Enchentes.
	Área Industrial	Remoção da cobertura vegetal Terraplanagem: cortes e aterros	Erosão localizada, Poluição do ar, solo e água	Assoreamento Contaminação do ar, solo e água.
	Sistema Viário	Desmatamento; Terraplanagem; corte e aterro; Sistemas de drenagem.	Erosão e Escorregamento	Assoreamento
	Infraestrutura Urbana	Escavações; Sistemas de drenagem; Corte e aterro.	Erosão e Escorregamento	Assoreamento; Inundações / Enchentes.
RURAL	Atividades Agrícolas	Grandes desmatamentos; Técnicas agrícolas inadequadas.	Erosão - Perda da camada fértil do solo	Assoreamento; Poluição de mananciais; Desertificação.
	Chácaras de Lazer	Desmatamento; Cortes / Aterro; Terraplanagem.	Erosão e Escorregamento	Assoreamento

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (2014)

2.2 Classificação das erosões

2.2.1 Erosão Laminar

Em dias chuvosos acontece uma modificação no estado do solo, que com a umidade se torna barrento, o que diminui a impermeabilidade, facilitando que as enxurradas o arrastem, iniciando com as menores partículas do solo, esse fenômeno é denominado erosão laminar (Figura 1), o qual é dificilmente notado, o que o torna um dos mais perigosos, em algumas regiões somente notam a erosão quando as raízes das plantas locais tornam-se visíveis devido à alteração do nivelamento do solo (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2014).

Figura 1 Erosão laminar



Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (2014)

2.2.2 Erosão Linear

Assim como na erosão laminar, a linear é causada pelo fluxo de escoamento das águas superficiais na maioria das vezes vindas das enxurradas, porém na erosão linear esse escoamento causa incisões no solo, podendo resultar em: sulcos, que

dependendo das circunstâncias podem evoluir formando profundas ravinas ou voçorocas. (DER/SP, 2007) (Figura 2).

Figura 2 Erosão Linear



Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (2014)

2.2.2.1 *Sulcos*

Acontece em terrenos irregulares com declividade, onde as enxurradas se concentram e em determinada velocidade e volume formam riscos, podendo ser profundos ou não, como mostra na Figura 3. (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2014). Almeida Filho (2001, p. 76) afirma que “os sulcos podem passar despercebidos até que comecem a interferir no trabalho de preparo do solo e diminuir sua produtividade”.

Figura 3 Erosão em sulcos



Fonte: Stephan (2010)

2.2.2.2 Ravinas

Assim como o sulco, é originada pelo escoamento superficial da água concentrado, porém é profunda e geralmente possui formato em “V”, é estreita e possui seguimento reto e longo, como é visível na Figura 4. (ALMEIDA FILHO, 2001).

Figura 4 Erosão em ravinas



Fonte: Stephan (2010)

2.2.2.3 Voçorocas

Assim como as ravinas, as voçorocas se iniciam dos sulcos. Com os tempos de chuva ao longo dos anos, um grande volume de enxurradas passa pelos sulcos e são essas grandes concentrações em longo tempo que levam ao deslocamento de grande massa do solo o que ocasiona profundas e imensas cavidades (Figura 5). (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2014). Os autores Bertoni e Lombardi Neto (2014) ressaltam que a voçoroca é uma visão impressionante do efeito de uma enxurrada sobre o solo.

Figura 5 Voçorocas



Fonte: Stephan (2010)

2.3 Causas da erosão

Almeida Filho (2001, p. 35), explica “consideram-se como fatores primordiais para o desencadeamento dos processos erosivos a erosividade da chuva, a erodibilidade do solo e a cobertura vegetal.” Como dito o processo erosivo, depende de variáveis causas que podem se tornar complexas dentro do sistema por agirem juntamente ou não para formação da erosão.

Conforme Almeida Filho (2001) Os tipos de fatores estudados que tem maior agravante nas erosões dos solos são:

- Clima;
- Relevo;
- Cobertura vegetal;
- Ação antrópica;
- Natureza do solo;

2.3.1 Precipitação pluviométrica (chuva)

Dentre estes fenômenos um dos mais determinantes para os processos erosivos são as chuvas também chamadas de precipitação pluviométrica. Conforme Salomão e Antunes (1998, p.5), “os aspectos climáticos mais importantes no desenvolvimento pedogenético são representados pela precipitação pluviométrica e a temperatura”.

A chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão dos solos. O volume e a velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração e frequência da chuva [...] quanto maior a intensidade de chuva, maior a perda por erosão. (BERTNONI E LOMBARDI NETO, 2014, p. 45).

Quando o solo não tem uma devida proteção, que é a sua camada vegetal, só a queda das gotas da chuva já são suficientes para o início do processo erosivo, levantando ao ar grãos do solo quando esta se choca com ele, após este choque, dependendo da intensidade da chuva ela irá lavar a área, arrastando todos os grãos desprendidos da camada superficial e sedimentado os nas zonas mais baixas como rios, lagos, jusantes. (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2014) (Figura 6).

Figura 6 Efeito splash e arrastamento do solo pela água



Fonte: Greenfix (2013)

2.3.2 Fatores do terreno

Atrelado a outros aspectos como vimos anteriormente a erosividade pluviométrica pode ou não, se intensificar de acordo com os seguintes aspectos:

- Formas de relevo;
- Declividade do terreno;
- Irregularidades do solo;
- Extensão da área
- Tipos de solo

Estes aspectos têm influência direta na erosão, de acordo com Valladares et. al. (2012, p. 1380), “o comprimento de rampa é fator importante na erosão do solo, pois com o aumento do comprimento da rampa, ocorre um aumento no volume de escoamento superficial, produzindo um aumento na intensidade de erosão, principalmente, sob a forma de sulcos”.

Conforme Bertoni e Lombardi Neto (2008), mantendo-se fixos os demais fatores intervenientes na erosão, ao se duplicar o comprimento de rampa a perda de solo triplica. Para Carolino de Sá, (2004) a topografia influi, sendo que em áreas acidentadas, a enxurrada atinge maior velocidade causando maior erosão do que em áreas de topografia mais suave isto se deve ao fato de que quanto maior a declividade, mais força terá a enxurrada e o escoamento superficial, ou seja, maior a erosão superficial.

Como dito por Bertoni e Lombardi Neto (2014, p. 61), “A textura, ou seja, o tamanho das partículas, é um dos fatores que influem na maior ou menor quantidade de solo arrastado pela erosão”, ele deixa claro que os solos possuem condições físicas e químicas as quais determinam as características do mesmo, podendo ter maior ou menor resistência perante à ação das águas, o solo arenoso, possui alta porosidade entre suas partículas, o que mediante a uma chuva de baixa intensidade o solo absorve toda a água, mas o mesmo possui baixa quantidade de partículas argilosas, que possuem alto índice coesivo, o que torna suas partículas vulneráveis ao escoamento, pois mesmo com um pequeno volume de enxurrada as partículas serão arrastadas com facilidade, já os solos argilosos, por possuir baixa porosidade, reduz a absorção das águas e com sua alta coesão, garante alta resistência à erosão.

O que fica explícito é que fatores como declividade, extensão e o tipo do solo, influenciando o trajeto e a velocidade que a água da chuva irá passar determina o nível do escoamento laminar e a quantidade de material que irá ser levado. Podendo-

se concluir que as características do solo somado ao fenômeno de precipitação serão diretamente proporcionais ao processo erosivo (Figura 7).

Figura 7 Aumento da velocidade de escoamento por declividade



Fonte: Greenfix (2013)

2.3.3 Camada de vegetação

Outro fator imprescindível para determinação do processo erosivo é a vegetação como diz Bertoni e Lombardi Neto (2014, p. 59), “quando cai em um terreno coberto com densa vegetação, a gota de chuva se divide em inúmeras gotículas, diminuindo também, sua força de impacto”, e para Machado e Stipp (2003, p. 65), quanto à presença de vegetação no solo, “ao evitar o carregamento de sedimentos para cursos d’água, contribuem para que os nutrientes adicionados ao solo via adubação química não se acumulem na água”, podendo até mesmo causar doenças o seu consumo. Portanto, a vegetação torna o solo permeável, pois suas raízes o penetram, formando uma passagem entre a superfície e o subsolo, à medida que aumenta a matéria orgânica o solo se torna mais coesivo, impedindo a desagregação do solo, capaz de reter a água em grandes proporções favorecendo sua preservação.

Deste modo observa-se a grande importância da vegetação que, ao serem removidas, há uma queda considerável na taxa de infiltração possibilitando o processo da erosão. Já na superfície com cobertura vegetal existente, os solos possuem maior taxa de infiltração aumentando sua permeabilidade, reduzindo proporcionalmente o fluxo de escoamento da água, e se tornando também um protetor para a camada

superficial do solo que não irá sofrer com o fenômeno splash que é o impacto das gotas das chuvas sobre o solo conforme dito anteriormente, conseguindo assim reduzir o processo erosivo (Figura 8).

O efeito da vegetação pode ser assim enumerado: a) proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; b) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes de atingir o solo; c) decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração de água; d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água; e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1993 p. 16).

Figura 8 Vegetação na proteção do solo



Fonte: Greenfix (2013)

2.3.4 Erodibilidade do solo

Outra propriedade dos solos que interfere no seu comportamento em comparação aos processos da erosão é a erodibilidade, conforme Freire (2001) pode ser entendido como: a suscetibilidade do solo aos processos erosivos, e que vem sendo pesquisada nas diversas áreas das ciências naturais, ou seja, a erodibilidade demonstra o quão um solo é susceptível ou não aos agentes erosivos, logo isto determinará a quantidade de material que será removido e levado por estes agentes.

Conforme Carolino de Sá (2004) temos relativo à tendência à alta e baixa erodibilidade dos solos: De maneira geral, solos arenosos, embora apresentem alta permeabilidade, são mais susceptíveis à erosão, sendo considerados solos de alta erodibilidade, pois as partículas de areia são facilmente desagregadas pela chuva. Já solos argilosos, quando apresentam boa permeabilidade, resistem mais à erosão, sendo considerados de baixa erodibilidade.

Como dito por Carolino de Sá (2004), não é apenas a permeabilidade que aumenta o nível de infiltração diminuindo a percolação superficial que diminuirá na desagregação, mas também o tipo de solo, solos menos coesos que é o caso de solos arenosos têm maior facilidade em se separar e causar o fenômeno da erosão.

2.3.5 Ação antrópica

Destaca-se como desencadeador dos processos erosivos sem dúvida alguma a intervenção humana, vale ressaltar que esse desencadeamento acontece não só em áreas urbanas, mas também em áreas rurais, pois o uso e ocupação inadequados do solo são constantes, causando desequilíbrios nos processos naturais como dito por Silva (2003).

O relevo também sofre modificação induzida pela ação humana: obras de terraplanagem, causando aparecimento de formas e inclinações no terreno, favoráveis ao desencadeamento aos processos erosivos. Com relação às obras de engenharia em geral, o fator indispensável que pode induzir o avanço dos processos erosivos é a deficiência ou mesmo a ausência de planejamento das ações urbanas.

Segundo IPT (1989) as principais causas do surgimento e evolução da erosão urbana são:

- O traçado inadequado dos sistemas viário, que são em alguns casos agravados pela ausência de pavimentação, guias e sarjetas;
- A precariedade do sistema de drenagem de águas pluviais;
- Expansão urbana rápida e descontrolada, dando origem na maioria das vezes a implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais em locais inadequados, levando-se em consideração a geotécnica da cidade.

Algumas erosões, portanto, têm origem em infraestruturas precárias ou inadequadas, escolha de áreas desfavoráveis à ocupação, como as regiões de altas declividades, alta susceptibilidade natural à erosão, fundos de vale ou terrenos

comprometidos por processos erosivos anteriores. Muitas práticas e/ou eventos ocorridos em meio urbano, como canalizações com tubulação de porte inadequado, rompimentos de canalizações de esgoto e de abastecimento de água potável, desencadeiam processos erosivos, rompimento de taludes, solapamentos, entre outros problemas.

A ação antrópica é apontada de forma quase unânime como acelerador e até catalisador da dinâmica de alguns processos erosivos, por meio da retirada de cobertura vegetal, caracterizando os primeiros impactos sobre a paisagem. Estes impactos são ressaltados pelas diferentes formas do uso do solo, e que em geral tendem a contribuir para que resulte em processos erosivos. (MATHIAS, CUNHA E CARVALHO, 2010).

A intervenção antrópica em regiões de encostas associada a declividade e a maior velocidade de escoamento superficial das águas nestes locais geralmente resulta em erosões, e em geral, a formação de ravinas nas encostas, associado ao uso do solo tem-se também, a expansão urbana, como agente participante do processo erosivo. A expansão urbana onde ocorre a instalação de loteamentos em áreas de risco, implantação de malha viária com traçado perpendicular aos cursos d'água (concentrando o fluxo pluvial e conseqüentemente aumentando sua energia), execução de cortes e aterros alterando significativamente a topografia e o comportamento hídrico da área. (GUERRA E BOTELHO, 1996).

Ainda acerca da temática da erosão, Facincani (1995, *apud* Mathias, Cunha e Carvalho, 2010, p.4), afirma que “os processos erosivos em áreas urbanas - e também rurais, refletem modelos de ocupação calcados em ações tomadas sem conhecimentos prévios das características físicas de determinados locais. Dessa forma tem-se que a predisposição natural de algumas áreas para serem erodidas acaba sendo estimulada, dando início às dinâmicas de processos lineares”.

Os custos econômicos e sociais para recuperar essas áreas tornam-se algo muito dispendioso aos cofres públicos e às vezes privados, em muitos casos acabam por não representar os resultados esperados e/ou satisfatórios. Para Guerra e Vitte (2004) estes prejuízos econômicos e sociais, ocorrem não somente no local (onsite), mas também em áreas próximas ou afastados do local (offsite) de erosão propriamente dito. Em geral os efeitos onsite estão ligados à perda de fertilidade e nutrientes do solo, diminuição de retenção de água, interferência no cultivo de plantas, além da alteração paisagística local. Já os efeitos offsite, referem-se ao escoamento

de água e sedimentos às áreas próximas e/ou altitudes menores, além de assoreamento e contaminação de corpos d'água naturais ou implantados no meio, além de enchentes.

Estes custos compreendidos em fatores econômicos, sociais e antrópicos; interferem no tráfego de automóveis e pessoas, além de perdas patrimoniais e de arrecadações municipais devido à desvalorização imobiliária que ocorre. Quanto aos fatores sociais e antrópicos podemos ressaltar a intranquilidade da população, diminuição da produtividade social e por vezes a migração de indivíduos para áreas que ofereçam maior segurança.

Referente as erosões antrópicas, tem-se a questão das estradas de terra – não pavimentadas – que tendem a sofrer com processos erosivos das mais diversas magnitudes e que economicamente caracterizam-se com um grande problema para a gestão pública. Esses processos erosivos estão em geral atrelados à rede de drenagem inexistente, e a presença de valetas sem canalizações, nas bordas das pistas.

2.4 Métodos de prevenção, controle e recuperação de erosão

Após conhecer a originalidade do meio físico em que se instalou o processo erosivo, e entende-se a dinâmica que provocou o mesmo, inicia-se o processo de escolha da melhor opção para controle e recuperação da erosão. De acordo com Silva (2003), antes que sejam tomadas quaisquer medidas de combate a erosão, deve-se primeiramente determinar a fase de evolução da erosão. Esta pode ser Inicial (Sulcos), Intermediária (Ravinas), ou avançada (Voçorocas).

De acordo com Brito (2012), para a recuperação de áreas degradadas é imprescindível a elaboração de um planejamento, com definições bem claras sobre os objetivos. Assim, o primeiro passo é a detecção das causas da degradação e imediata eliminação dos agentes, sem a qual, todo o restante do trabalho será prejudicado. A etapa seguinte será a caracterização do ambiente físico, correção do relevo (erosões).

Silva (2003) afirma que:

a dificuldade em controlar a erosão como um processo não deveria ir além das dificuldades de implementar as medidas que

limitam a incidência direta da chuva e o rápido escoamento da água sobre o solo, visto que a erosão hídrica pode ser controlada através de inúmeras ações, mas fundamentalmente inspiradas em uma única necessidade: limitar a velocidade da água que incide, e da água que escoar sobre a superfície do solo.

De forma sucinta, pode-se dizer que a erosão pode ser controlada controlando-se a vazão, a declividade ou o uso que se faz do terreno. O controle da vazão é obtido com desvio ou condução da água por caminhos preferíveis em relação ao sulco erosivo. O controle da declividade é conseguido com retaludamento ou colocação de obstáculos que diminuam a velocidade de escoamento. O controle de erosão através do uso do terreno pode ser feito através de modificações na cobertura pelo capeamento vegetal ou reforço da superfície, tornando-a mais resistente a ação da água de escoamento (MAGALHÃES, 2001).

A chuva deve ser considerada no cálculo da enxurrada máxima, para Bertoni e Lombardi Neto (2008). É importante ainda que se conheça o tipo de solo da área que se pretende intervir (textura, permeabilidade, profundidade, etc), bem como as características topográficas da região.

2.5 Práticas de prevenção de erosão

As medidas de prevenção de erosão consistem fundamentalmente na adoção de planejamento prévio em qualquer atividade ligada ao uso do solo. As orientações voltadas a nível preventivo tais como: priorização das áreas de investimento em obras corretivas, orientação das expansões urbanas e a definição das adequações necessárias à implantação de obras viárias que atravessem áreas de alta suscetibilidade à erosão. Para tanto, as Cartas Geotécnicas apresentam-se como uma ferramenta fundamental, já que tem como objetivo expor as limitações e potencialidades dos terrenos, estabelecendo as diretrizes de ocupação frente às formas de uso do solo; Silva (2003).

Cabe destacar que as práticas de prevenção de erosão são, em geral, mais baratas, mais simples de executar e demandam menos tempo que as práticas de controle e recuperação de erosão. (ALMEIDA FILHO, 2001). Assim, via de regra, sempre que possível deve-se priorizar a adoção de medidas preventivas frente às corretivas.

As práticas conservacionistas compreendem todas as tecnologias que visam o aumento da cobertura vegetal e à infiltração da água no solo, com a intenção de protegê-lo contra o impacto das gotas da chuva, de diminuir o volume e a velocidade do escoamento superficial, proporcionando o tempo necessário para que a água possa infiltrar antes de seu escoamento. (Bertoni e Lombardi Neto 2008, p 351).

As práticas conservacionistas são classificadas em vegetativas, edáficas e mecânicas. As vegetativas e edáficas são mais simples de executar e de se manter. Assim, sempre que possível deve-se recorrer a elas, utilizando as mecânicas como complementares. (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2008).

2.5.1 Práticas vegetativas

As práticas de caráter vegetativo são aquelas em que se utiliza a vegetação para defender o solo contra a erosão. Estas podem ser consideradas tanto práticas de prevenção quanto de controle ou recuperação de erosão, dependendo do estágio evolutivo da feição erosiva que se pretende combater. Dentre as diversas práticas vegetativas, encontram-se o reflorestamento e as pastagens (MAGALHÃES, 2001).

2.5.1.1 Florestamento e Reflorestamento

As terras de baixa capacidade de produção e, ao mesmo tempo, muito suscetíveis à erosão, devem ser recobertas de vegetações permanentes bastante densas, sendo esta a maneira mais segura e econômica da utilização deste tipo de terreno. (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2008).

Nas regiões de topografia acidentada, as florestas devem ser formadas no topo dos morros a fim de reduzir as enxurradas em que se formam nas cabeceiras, atenuando os problemas de erosão nos terrenos situados a jusante. Seguindo este mesmo raciocínio, em erosões muito desenvolvidas como voçorocas, o reflorestamento das cabeceiras é bastante vantajoso. (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2008).

Em se tratando de voçorocas, a cobertura vegetal tem ainda outro importante papel na estabilização dos taludes laterais, diques e reaterro, protegendo o solo descoberto pelo movimento de terra do impacto direto das gotas de chuvas, além de conter e evitar o escoamento superficial concentrado. (ALMEIDA FILHO, 2001).

A cobertura vegetal também se mostra eficaz no controle de erosão de margens fluviais. O reflorestamento ciliar é usado para a proteção das margens dos rios, empregando espécies arbóreas que fornecem frutos comestíveis para alimentação dos peixes. (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2008).

Estas áreas erodidas não devem ser simplesmente revegetadas, a escolha adequada das espécies e respectivas quantidades é um fator decisivo no estabelecimento da vegetação e proteção contra os processos erosivos, sendo, portanto, necessários conhecimentos técnicos que abrangem os aspectos edáficos, climáticos, fisiológicos e ambientais específicos de cada espécie vegetal.

2.5.1.2 Pastagens

Bertoni e Lombardi Neto (2008) afirmam que as pastagens, embora em intensidade menor que as florestas, fornecem grande proteção ao solo contra os estragos pela erosão. Assim, o pasto bem manejado encontra-se como uma alternativa para terrenos onde as culturas não propiciam produções compensatórias, ou muito suscetíveis a erosão.

Os autores também dizem que o manejo das pastagens afeta diretamente seu valor como revestimento do solo contra a erosão. Um peso de gado muito grande, por exemplo, pode resultar em uma vegetação excessivamente raleada e reduzida, reduzindo sua proteção contra a erosão ou até dando origem a elas, visto que as trilhas do gado tornam-se canais preferenciais de drenagem da enxurrada, gerando sulcos de profundidades variadas.

Assim, para que as pastagens possam constituir uma eficiente maneira de proteger o solo contra a erosão, deve-se mantê-las com um peso de gado compatível com a sua capacidade. Uma alternativa para esta questão é o rodízio de pastagens, onde a área total é dividida em um determinado número de pastos, sendo o gado passado de um para o outro em uma sequência determinada. Assim os pastos têm tempo suficiente para se refazer, sem o perigo do pastoreio excessivo.

Além de se evitar o pastoreio excessivo, Bertoni e Lombardi Neto (2008) destacam algumas indicações a respeito de um adequado manejo de pastos:

- Deve-se proceder o ressemeio periódico (capim e leguminosas), com aplicação de fertilizantes quando necessário, visando manter sua cobertura vegetal sempre densa;

- As árvores de sombra para abrigo do gado devem ser localizadas na parte alta do terreno, longe dos cursos d'água;
- Quando possível, o pastoreio misto, de várias espécies de animais, assegura sempre melhor utilização da pastagem.

2.5.2 Práticas edáficas

São práticas conservacionistas que, com modificações no sistema de cultivo, mantêm ou melhoram a fertilidade do solo. Podem ser consideradas atividades de prevenção e controle de erosão. Dentre elas, pode-se citar a adubação química, orgânica, a calagem, entre outros. (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2008).

A combinação de fatores de baixa fertilidade e precária estruturação física de solos que compõe grande parte dos taludes de feições erosivas de grandes dimensões deixa indícios de que, para provê-los de uma cobertura vegetal de proteção, torna-se oportuno melhorar as condições de fertilidade do solo.

Com vistas a auxiliar o estabelecimento da vegetação, surgem iniciativas como as técnicas de bioengenharia, que consistem em uma associação de alternativas envolvendo estruturas biodegradáveis. Neste sentido, é comum o uso de mantas ou geossintéticos que, quando de sua decomposição, auxiliam a estabilizar a vegetação em desenvolvimento e assim controlar a erosão. (PEREIRA, 2009).

No controle de erosão, os geossintéticos atuam como elemento de reforço inserido no solo ou em associação com o solo para a melhoria das propriedades de resistência e de deformação do solo natural. Por exemplo, geotêxteis e geogrelhas são usados para acrescentar resistência à tração na massa de solo de forma a possibilitar paredes de solo reforçado verticais ou aproximadamente verticais. Adicionalmente, os geossintéticos ainda reduzem os efeitos da erosão do solo causados pelo impacto da chuva e pelo escoamento superficial da água (Figura 9).

Figura 9 Contenção com geossintético



Fonte: Greenfix (2013)

Os geossintéticos são classificados pela sua composição (natural ou sintética) e pelo seu modo de instalação (superficial ou enterrada). Podem ser usadas como mantas temporárias ou permanentes, e para o controle da erosão, dependerá da função requerida. Esses produtos são de fácil instalação. Depois de semear o talude, os rolos de geossintéticos são colocados sobre o mesmo e presos por grampos, controlando a erosão do solo, os geossintéticos criam um ambiente estável, não erodido, no qual a vegetação pode estabelecer-se e crescer com menor risco de remoção de sementes ou plantas jovens, ou dano para raízes novas, pela ação do deslocamento das partículas erodidas. (FONTES, 2001).

2.5.3 Práticas mecânicas

O sistema de drenagem superficial do pavimento de uma rodovia tem como objetivo canalizar a água em local adequado que ofereça segurança aos usuários. Para manter a eficiência da drenagem da rodovia, há necessidade de utilizar determinados dispositivos, tais como:

- Valetas de proteção de corte;
- Valetas de proteção de aterros;
- Descidas d'água;
- Saídas de água;
- Sarjetas de corte;
- Sarjetas de aterro;
- Caixas coletoras;

- Valetas do canteiro central.

Os dissipadores de energia são projetados em forma de valetas de proteção de corte e de valetas de proteção de aterro. A primeira tem papel de impedir a água de atingir o talude, servindo de proteção do aterro paralelas às cristas, revestidas de concreto ou biomanta. Já as valetas de proteção de aterro têm por finalidade impedir que a água atinja a base do talude de aterro. (MORALES, 2003). Os canais são as descidas d'água, podendo eles ser abertos ou fechados em forma de degraus, geralmente fabricadas em concreto. Essas têm função de captar a água das valetas e conduzi-las para bacia de amortecimento. As saídas d'água tem a função de conduzir a água através das sarjetas de aterro a conduzi-la nas descidas d'água (MORALES, 2003).

Para Contijo (1990, p . 46), “há dois tipos de sarjetas, as de pé de corte e as de crista de aterro. As sarjetas de corte coletam a água do talude de corte ou plataforma, para conduzir para a valeta de proteção de corte ou para caixas coletoras”. As águas advindas da precipitação da chuva são conduzidas pelas sarjetas de crista de aterro, a fim de protegê-la contra a erosão na borda do talude de aterro, como mostra o esquema da Figura 10

Figura 10 Elementos de drenagem superficial



Fonte: Morales (2003)

As caixas coletoras têm como objetivo coletar a água das sarjetas, das águas advindas a montantes de bueiros e das descidas d'água de corte conduzindo-as para locais apropriados. Desta forma, permite a manutenção necessária a fim de manter sua funcionalidade e possíveis mudanças (Contijo 1990).

2.6 Ensaios de caracterização do solo

Para Stephan (2010, p. 29), “uma forma comum de se avaliar a erodibilidade é procurar correlacioná-la com propriedades geotécnicas do solo fáceis de serem determinadas”, para que realizar essa correlação é necessário fazer a preparação do solo e a análise granulométrica, esses procedimentos devem seguir as normas da ABNT as quais serão apresentadas.

2.6.1 Preparação do solo para ensaios

A norma da ABNT NBR 6457/2016 – Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios caracterização. Esta norma prescreve o método para a preparação de amostras de solos para os ensaios de compactação e de caracterização (análise granulométrica, determinação dos limites de liquidez e plasticidade, massa específica dos grãos que passam na peneira de 4,8 mm e massa específica, massa específica aparente e absorção de água dos grãos retidos na peneira 4,8mm). Esta norma também se aplica ao método para determinação do teor de umidade de solos, em laboratório.

Preparação com secagem prévia até a umidade higroscópica:

- Secar a amostra ao ar, até próximo da umidade higroscópica.
- Desmanchar os torrões, evitando-se quebra de grãos, e homogeneizar a amostra.
- Com o auxílio do repartidor de amostras, ou pelo quarteamento, reduzir a quantidade de material até se obter uma amostra representativa em quantidade suficiente para realização do ensaio.

2.6.2 Análise Granulométrica

A norma da ABNT NBR 7181/2016 – Solo – Análise granulométrica, determina o procedimento para identificação da distribuição granulométrica do solo, o qual é representado por percentagem em peso que cada faixa com

específico tamanho de grãos, corresponde na massa seca total utilizada para ensaio, os resultados devem ser representados através de uma curva o que possibilita a determinação das características físicas do solo. (Quadro 2).

Quadro 2 Classificação de acordo com a granulometria

Classificação	Diâmetro dos grãos
Bloco de Rocha	$d > 100$
Matação	$200 < d < 1000$
Seixo	$60 < d < 200$
Grânulo	$2 < d < 60$
Areia grossa	$0,6 < d < 2$
Areia média	$0,2 < d < 0,6$
Areia fina	$0,06 < d < 0,2$
Silte	$0,002 < d < 0,06$
Argila	$d < 0,002$

Fonte: ABNT NBR 6502 (1995)

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da Pesquisa

Conforme Ludke e André (1986, p. 44) “a pesquisa qualitativa pode assumir diversas formas, dentre as quais, a do tipo etnográfico e o estudo de caso”. Para compreensão da situação da área em estudo, se faz necessário a utilização da abordagem qualitativa para caracterização do solo local.

O método de pesquisa e solução deste trabalho para área de erosão foi a revisão bibliográfica de acordo com Gerhardt, Ramos, Riquinho e Santos (2009, p. 66), expõe “resumidamente as principais ideias já discutidas por outros autores que trataram do problema, levantando críticas e dúvidas, quando for o caso.”

Um estudo de caso pode ser caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa, ou uma unidade social. Visa conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico. O pesquisador não pretende intervir sobre o objeto a ser estudado, mas revelá-lo tal como ele o percebe. O estudo de caso pode decorrer de acordo com uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes, ou uma perspectiva pragmática, que visa simplesmente apresentar uma perspectiva global, tanto quanto possível completa e coerente, do objeto de estudo do ponto de vista do investigador (FONSECA, 2002, p. 33 apud Silveira e Córdova, 2009).

Foi de extrema importância para o alcance dos resultados e exposição da situação estudada no presente trabalho, o estabelecimento do método de pesquisa utilizado, cumprindo-se assim, os objetivos propostos.

3.2 Procedimentos Metodológicos

3.2.1 Estudo de caso

O estudo da MG 329 – km 1, apresenta uma erosão linear classificada como ravina o que se pode ver a olho nu devido as características da mesma que já se estende em alguns locais do trecho na área transitável da rodovia. Neste trecho da estrada onde se encontra o bairro construído na parte superior, não havia nenhuma

construção sendo apenas área vegetativa, diminuindo o escoamento superficial e aumentando a erosão por causa do contato direto da água com o solo, após a construção deste bairro houve um aumento no escoamento da água por causa da impermeabilização causada pelo cimento asfáltico utilizado no bairro e somado com o tipo de solo que será apresentado posteriormente ocasiona a erosão. Segue abaixo a Figura 11 do bairro construído próximo a margem da MG 329 – km 1.

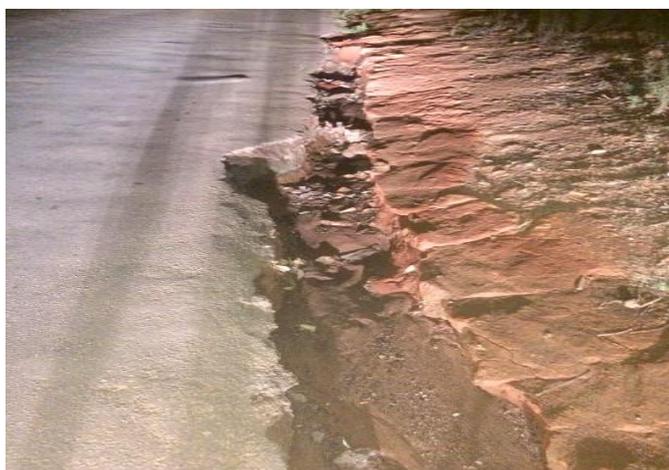
Figura 11 Bairro e Local da Erosão



Fonte: Autores (2018)

Ressaltamos que o trecho não possui acostamento e em um futuro próximo, pode ser que seja necessário a realização de um bloqueio em metade da via, caso não seja contida a erosão a mesma tende-se a agravar (Figura 12).

Figura 12 Erosão na Mg 329



Fonte: Autores (2018)

3.2.2 Coleta do solo

Na primeira aparição da erosão o órgão público responsável pelo local, com o intuito de conter a mesma, cobriu o local com uma camada de solo (Figura 13), mas devido às enxurradas das chuvas esse solo foi arrastado e foi aberta novamente a erosão e com o agravamento das chuvas a erosão se expandiu.

Figura 13 Erosão sendo coberta por uma camada de solo



Fonte: Autores (2018)

Em 16/10/2018 foram coletadas 02 amostras de solo, a primeira foi retirada o solo que se situava na superfície dos pontos profundos da erosão com fragmentos transportados pelas enxurradas, já a segunda amostra foi feita uma escavação para retirada solo natural da área. As amostras foram levadas ao laboratório de solos da Rede Doctum – Caratinga, para realização dos ensaios.

3.2.3 Análise granulométrica

Foi posto 1500 g do solo natural e 1000 g do solo superficial na estufa a 105° graus, por 24 horas para secagem prévia do material. Terminado o tempo, as amostras foram destorroadas e pesou-se, o solo natural 1000,2 g e o solo superficial 800,96 para iniciar os testes de peneiramento utilizando as faixas de peneira e o procedimento conforme a norma ABNT NBR 7181/2016 (Figura 14)

Figura 14 Peneiras para ensaio



Fonte: Autores (2018)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo foi realizado na região de Caratinga – MG em um trecho da rodovia MG 329, por causa da erosão nas margens da rodovia que em alguns trechos a mesma se entende para área transitável da via, além de sua elevada largura a erosão apresenta alta profundidade o que se torna propensa à acidentes, conforme exhibe na Figura 16.

Figura 15 Visibilidade longitudinal externa e interior da erosão



A) Lateral da erosão 21/10/2018

B) Profundidade da erosão 21/10/2018

Fonte: Autores (2018)

Por ser um problema recorrente e que agrava o funcionamento da rodovia, causando rupturas no pavimento asfáltico, foi feita uma análise do solo para encontrar a principal causa da erosão e sugerir uma solução. O primeiro ensaio realizado foi o de análise granulométrica, primeiramente com o solo superficial e seguida o solo natural, a Figura 17 exhibe os resultados alcançados no ensaio.

Figura 16 Resultados obtidos nos ensaios

SOLO SUPERFICIAL					
PENEIRA	ABERTURA (mm)	MASSA RET. (g)	% RET.	% RET. ACUM.	% QUE PASSA
4	4,75	14,00	1,75	1,75	98,25
10	2	62,92	7,86	9,60	90,40
16	1,18	93,16	11,63	21,23	78,77
30	0,6	152,13	18,99	40,23	59,77
40	0,425	137,37	17,15	57,38	42,62
50	0,3	121,59	15,18	72,56	27,44
100	0,15	115,90	14,47	87,03	12,97
200	0,075	66,56	8,31	95,34	4,66
Fundo		37,33	4,66	100,00	0,00
TOTAL		800,96	100,00		

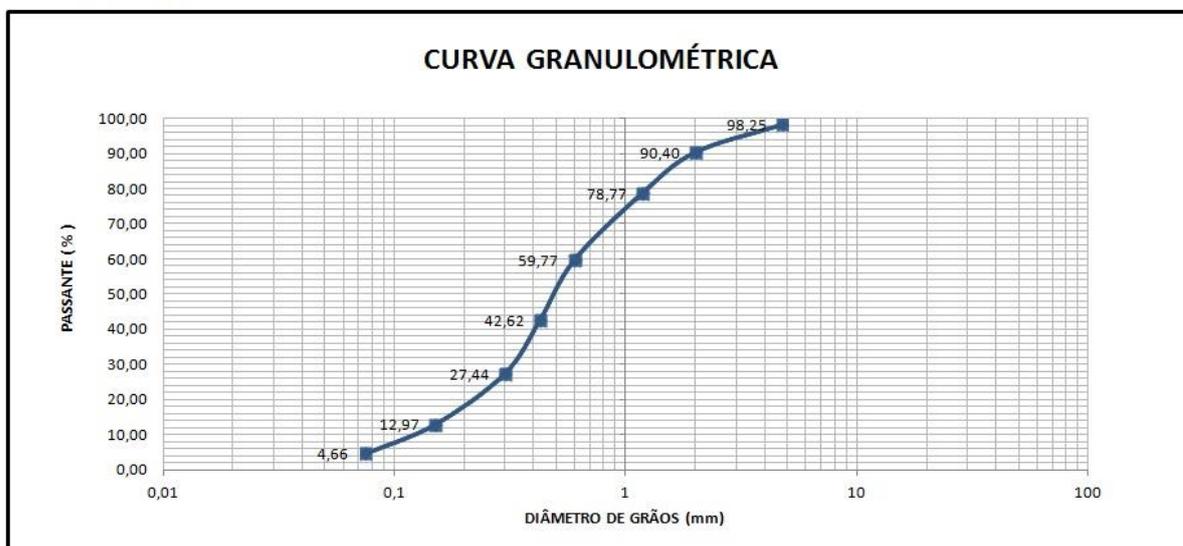
SOLO NATURAL					
PENEIRA	ABERTURA (mm)	MASSA RET. (g)	% RET.	% RET. ACUM.	% QUE PASSA
4	4,75	226,24	22,62	22,62	77,38
10	2	113,71	11,37	33,99	66,01
16	1,18	143,29	14,33	48,32	51,68
30	0,6	157,81	15,78	64,10	35,90
40	0,425	133,65	13,36	77,47	22,53
50	0,3	112,31	11,23	88,70	11,30
100	0,15	81,13	8,11	96,81	3,19
200	0,075	21,81	2,18	98,99	1,01
Fundo		10,07	1,01	100,00	0,00
TOTAL		1000,02	100,00		

Fonte: Autores (2018)

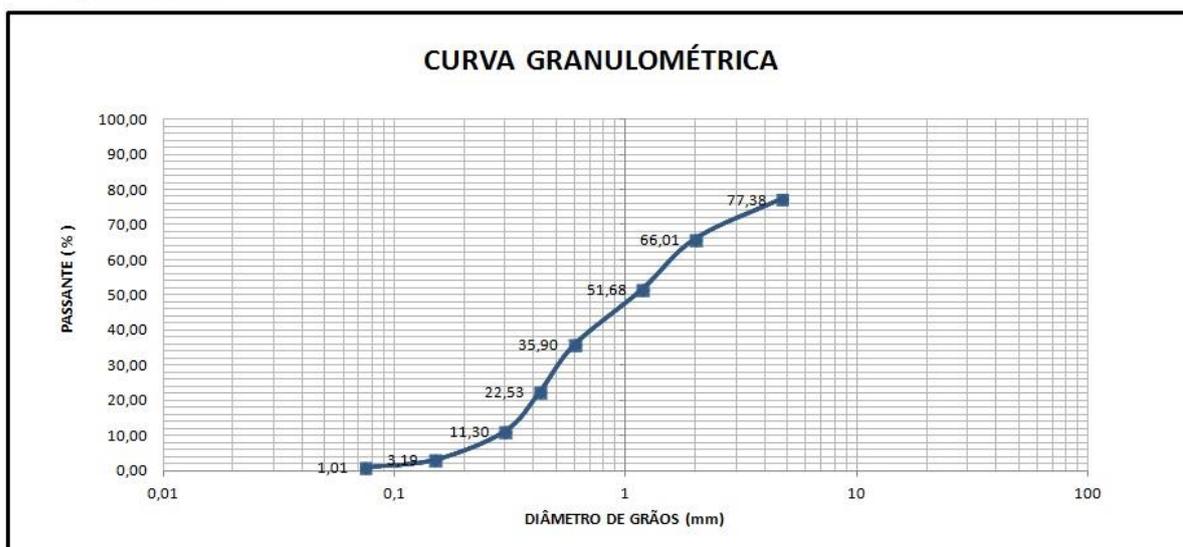
Mediante os resultados obtidos do ensaio, com o diâmetro das peneiras e a porcentagem retida em cada uma delas, torna-se possível a confecção da curva granulométrica dos solos (Figura 18) a mesma é de suma importância para finalização dos resultados desse ensaio, pois nela exhibe as quantidades de cada tipo de solo existente na amostra coletada, sendo crucial para determinação da melhor solução para o controle e impedimento de novas erosões no local.

Figura 17 Curva granulométrica

a) Solo superficial



b) Solo natural



Fonte: Autores (2018)

Com o ensaio realizado obtivemos uma porcentagem de solo fino abaixo de 5%, tornando-se desnecessário a realização de ensaios de plasticidade e limite de liquidez do solo, sendo assim com o ensaio de peneiramento foi possível a determinação do tipo de solo conforme os resultados abaixo de acordo com o método de SUCS.

Solo superficial:

- Porcentagem passante na #4: 98,25%
- Porcentagem passante na #200: 4,66 %

Como % que passa na #200 = 4,66% < 50%, portanto, o solo é grosso

G (pedregulho, determinado pela porcentagem retida na peneira 4) = 1,75%

S (areia, determinado pela subtração da porcentagem passante na peneira 4, menos a porcentagem passante na peneira 200) = 93,59%

Temos maior quantidade de área do que pedregulho, sendo assim, o solo em análise é areia.

% Finos = 4,66% < 5%, portanto utilizar curva granulométrica.

Com a curva granulométrica temos:

- D60 (mm) = 0,53
- D30 (mm) = 0,38
- D10 (mm) = 0,12

CU – Curva de uniformidade (D60 / D30) = 4,16 < 6

CC – Curva de curvatura (D30² / D60 x D10) = 2,27 > 1 e < 3

De acordo com os valores de cu e cc temos um solo mal graduado.

Solo natural:

- Porcentagem passante na #4: 77,38%
- Porcentagem passante na #200: 1,01 %

Como % que passa na #200 = 1,01% < 50%, portanto, o solo é grosso.

G (pedregulho, determinado pela porcentagem retida na peneira 4) = 22,62%.

S (areia, determinado pela subtração da porcentagem passante na peneira 4, menos a porcentagem passante na peneira 200) = 76,37%.

Temos maior quantidade de área do que pedregulho, sendo assim, o solo em análise é areia.

% Finos = 1,01% < 5%, portanto utilizar curva granulométrica.

Com a curva granulométrica temos:

- $D_{60} \text{ (mm)} = 1,52$
- $D_{30} \text{ (mm)} = 0,48$
- $D_{10} \text{ (mm)} = 0,24$

CU – Curva de uniformidade (D_{60} / D_{30}) = $6,33 > 6$

CC – Curva de curvatura ($D_{30}^2 / D_{60} \times D_{10}$) = $0,63 < 1$

De acordo com os valores de cu e cc temos um solo mal graduado de granulação aberta.

Como mostrado nas curvas granulométricas os dois solos, são arenosos, sendo que o solo abaixo do pavimento já seria esperado, pois são mais utilizados graças a sua resistência a compressão que é necessária para este tipo de obra.

De maneira geral, solos arenosos, embora apresentem alta permeabilidade, são mais susceptíveis à erosão, sendo considerados solos de alta erodibilidade, pois as partículas de areia são facilmente desagregadas pela chuva. Já solos argilosos, quando apresentam boa permeabilidade, resistem mais à erosão, sendo considerados de baixa erodibilidade. A fertilidade de um solo também influi na sua resistência à erosão: solos naturalmente férteis (...) propiciam um melhor desenvolvimento de plantas (...), protegendo-o da erosão (Carolino de Sá, 2004, p.1).

Carolino de Sá (2004) deixa claro que os solos arenosos têm maior suscetibilidade a erosão por se desagregarem mais facilmente as suas partículas uma das outras, isto somado aos outros fatores como falta de camada vegetal, declividade e intensidade das chuvas, ocorrerá a erosão.

5 CONCLUSÃO

Como demonstrado através das referências bibliográficas e dos ensaios, os solos arenosos têm uma maior predisposição ao problema da erosão, por falta de sua coesão entre as partículas, tendo como agravantes variáveis do clima, inclinação, vegetação e precipitação.

Estradas que não tiverem um cuidado com os solos em suas margens, acarretarão prejuízos futuros por falta de análise da obra e uma correta abordagem em seus projetos, perdendo mão de obra, dinheiro e insumos para correção da degradação que irá vir a acontecer com o seu pavimento.

Para o local do estudo, a alternativa mais barata e com melhor desempenho é a construção de canaletas, levando as águas diretamente para as redes coletoras pluviais, impedindo o contato direto da água com o solo, sendo esta a principal causa da erosão no estudo de caso, já que ela faz a remoção das partículas suspensas do solo, aumentando gradativamente a erosão.

Uma abordagem para futuros trabalhos é o dimensionamento das canaletas através de cálculos, normas e revisão bibliográfica, para se utilizar no trecho estudado da MG 329 – km 1, levando em consideração todo o escoamento superficial provindo das chuvas da área tanto da estrada como do bairro abordado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**. Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**. Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**. Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

ALMEIDA FILHO, G. S.; RIDENTE JÚNIOR, J. L. **Erosão: Diagnóstico, prognóstico e formas de Controle**. In: Simpósio nacional de Controle de Erosão, VII, Goiânia, 2001.

ANDRADE, Clésio. **Pesquisa CNT de Rodovias 2018**. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/2018>>. Acesso em 20 de agosto de 2018.

BERTONI, J & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3ª Ed. São Paulo: Editora Ícone, 1993.

BERTONI, J. ; LOMBARDI NETO, F **Conservação do solo**. 10ª ed . São Paulo: Editora Ícone, 2014.

BERTONI, J. ; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6 ed. São Paulo: Editora Ícone, 2008.

CAROLINO de SÁ, M. A. **Erosão do solo: mecanismos e controle**. Artigo publicado em 23/05/2004.

DAS, Braja M. **Fundamentos de engenharia geotécnica**. 6. ed. São Paulo, Thomson, 2015.

Diprotécnica: Produtos técnicos para construção. **Geossintéticos**. Disponível em: <<http://diprotecnica.eng.br/geossinteticos/>>. Acesso em 20 de junho de 2018.

DNIT. **Manual de Pavimentação**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, Rio de Janeiro, 2006.

FILHO, A. Controles de Erosão. **Revista de Fundações & Obras Geotécnicas**, São Paulo, p.72-83, jun. 2008. Disponível em: <http://abge.org.br/uploads/arquivos/archivoseccion_244_emfococontrolederos.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2016.

FONTANAILLES, Gilvan. **Geografalando**. 2013. Disponível em: <<https://geografalando.blogspot.com/2013/05/solos-praticas-agricolas-e-os-problemas.html?m=1>>. Acesso em 20 de junho de 2018.

FONTES, V. M.; SOUZA, C. M.; PIRES, F. R. **Uso de tela vegetal no controle da erosão em taludes**. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, VII, 2001.

FREIRE, E.P., **Ensaio Inderbitzen Modificado: Um Novo Modelo Para Avaliação Do Grau De Erodibilidade Do Solo**. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão Goiânia (GO), Goiânia – 2001.

SOBHAN, K. BRAJA, M. **Fundamentos da Engenharia Geotécnica** - tradução da 8ª edição norte americana - Editora Cenage Learning – Intemperismo - Página 14.

GONTIJO, Paulo Romeu de Assunção et al. **Manual de drenagem de rodovias**. Rio de Janeiro. DNER, 1990.

GREENFIX. **Proteção contra erosão através da criação de vegetação**. Disponível em: <<http://www.mst-gruenfix.net/por/a-ideia-greenfix.html>>. Acesso em 20 de junho de 2018.

GUERRA, A.J.T.; VITTE, A.C. (Org.). **Reflexões sobre a geografia física do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A., São Paulo – SP, 2a edição, 1989.

LUDKE, Menga & ANDRÉ, Marli E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

MAGALHÃES, R. A. **Erosão: definições, tipos e formas de controle**. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, VII, Goiânia, 2001.

MATHIAS, D. T. CUNHA, C. M. L. CARVALHO, P. F. **Avaliação de técnicas de monitoramento de processos erosivos acelerados em área peri-urbana**. São Paulo, 2010.

MORALES, Paulo Roberto D. **Manual prático de drenagem**. Rio de Janeiro: IME, Fundação Ricardo Franco, 2003.

NISHIYAMA, L. **Erosão do solo. Seminários gerais em geotecnia**. São Carlos, São Paulo, (1995).

PEJON, O.J. **Mapeamento geotécnico da Folha de Piracicaba, SP**, escala 1:100.000: estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação dos atributos. Tese (Doutorado) EESC/USP, São Carlos. 1992;

PEREIRA, A. R.; PEREIRA, P. L. R. **Como selecionar plantas para recuperação de áreas degradadas e controle de erosão**. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, VIII, 2009.

SALOMÃO, F.X.T.; ANTUNES, F.S. Solos. In: OLIVEIRA, A.M.S. e BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998.

SILVA, A. F. da. **Mapeamento geotécnico e análise dos processos erosivos na bacia do córrego tuncum**. São Pedro-SP, 2003.

STEPHAN, Ana Maria. **Análise de processos erosivos superficiais por meio de ensaios de inderbitzen**. Viçosa, 2010. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/834>>. Acesso em 20 de junho de 2018.