



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016  
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Dayane Junker da Silva

EROSÕES EM ENCOSTAS E ATERROS EM RODOVIAS BRASILEIRAS: UMA  
REVISÃO SOBRE TÉCNICAS PARA CONTROLE E ANÁLISE DE CASO DA BR-  
010 EM PALMAS-TO

Palmas – TO

2021



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016  
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Dayane Junker da Silva

EROSÕES EM ENCOSTAS E ATERROS EM RODOVIAS BRASILEIRAS: UMA  
REVISÃO SOBRE TÉCNICAS PARA CONTROLE E ANÁLISE DE CASO DA BR-  
010 EM PALMAS-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado como requisito parcial para obtenção  
do grau de Bacharela em Engenharia Civil do  
Centro Universitário Luterano de Palmas  
(CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ma. Kenia Parente Lopes  
Mendonça

Coorientadora: Ma. Esmeralda Pereira de Araújo

Palmas – TO

2021

Dayane Junker da Silva

EROSÕES EM ENCOSTAS E ATERROS EM RODOVIAS BRASILEIRAS: UMA  
REVISÃO SOBRE TÉCNICAS PARA CONTROLE E ANÁLISE DE CASO DA BR-  
010 EM PALMAS-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado como requisito parcial para obtenção  
do grau de Bacharela em Engenharia Civil do  
Centro Universitário Luterano de Palmas  
(CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ma. Kenia Parente Lopes  
Mendonça

Coorientadora: Ma. Esmeralda Pereira de Araújo

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Ma. Kenia Parente Lopes Mendonça

Orientadora

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

---

Prof. M.e. Dênis Cardoso Parente

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

---

Prof. M.e. Edivaldo Alves Santos

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Dedico este trabalho primeiramente a Deus,  
que me deu graça pra chegar até aqui e  
minha família que me apoiou, acreditou e  
investiu em mim.

## AGRADECIMENTOS

Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas (BÍBLIA, ROMANOS, 11,36). Primeiramente gostaria de agradecer a Deus o qual eu sirvo com muita alegria. O Senhor me sustentou e meu deus condições de chegar até aqui, abriu portas e levantou pessoas ao longo dessa trajetória para estarem me ajudando. Em todo tempo Ele foi bom comigo, obrigada Jesus.

Como não agradecer aos meus pais, que caminharam comigo todos os dias desde que nasci me viram crescer e sonharam junto comigo. Os dias não foram fáceis, mas eles sempre trabalharam muito pra que não faltasse nada pra mim e pro meu irmão, essa conquista não é só minha, mas também são de vocês, pai e mãe, muito obrigada.

Ao longo de todo o tempo de estudo, alguns amados iniciaram esse sonho comigo, mas não vão poder viver o resultado desse sonho comigo, sou grata a Deus pelos dias que vivi com meu avô Osmando dias, e minha vó Maria Neris Silva in memoriam há vocês meu muito obrigado.

Família, tios, tias, primos e primas, sou grato por ter vocês, e grata pelo cuidado e amor que vocês tem para comigo, não tenho nem palavras pra agradecer, em especial destaco o nome da nossa matriarca vó Wilma Junker, que me ajudou com oração, palavras e também financeiramente, Vó e família meu muito obrigada.

A igreja metodista em Palmas-TO, onde tenho pessoas que posso também chamar de família, agradeço a todos vocês, em especial a Benildes Campos, que me ajudou muito e de muitas formas, obrigada Bê. A célula Dunamis, onde fui abraçada e amparada nos dias mais difíceis, parceiras que oraram por mim, muito obrigada. E claro, muita gratidão ao casal que Deus levantou para estar pastoreando a minha vida Pr. Everson Medeiros e Gisele Becker, muito obrigada. Esmeralda, nossa pedra preciosa, muito obrigada por toda ajuda que você me deu, não tenho palavras pra agradecer, só peço que Deus te abençoe muito.

E mais uma vez, agradeço a Deus, por tudo que passei, pelos dias bons, mas principalmente pelos dias difíceis, pois esses foram os dias em que mais aprendi. Até aqui me ajudou o Senhor, eu não sei o que o futuro me reserva, mas creio que o Senhor Jesus esta no comando, e quero viver todo os meus dias de forma que honre o nome Dele, amém.

## RESUMO

SILVA, Dayane Junker da. **EROSÕES EM ENCOSTAS E ATERROS EM RODOVIAS BRASILEIRAS: UMA REVISÃO SOBRE TÉCNICAS PARA CONTROLE E ANÁLISE DE CASO DA BR-010 EM PALMAS-TO. 2021. 34 f.**

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2021.

Dentre os principais modais em uso no Brasil, destaca-se o rodoviário, atualmente é responsável pelo maior número de transporte de cargas e passageiros no país. Para as obras de engenharia de implantação e manutenção das rodovias é necessária que ocorra serviços de movimentação de terra, ocasionado assim a modificação do terreno natural e com isso pode-se ocasionar o surgimento de processos erosivos as margens das rodovias. A erosão tem como principal agente causador a água, e se tratando das rodovias a água da chuva é o principal agente causador, pois por meio da precipitação pode ocorrer o desprendimento e transporte das partículas de solo iniciando assim o processo de degradação do solo. Os processos erosivos podem ser classificados como erosão laminar, erosão em sulco e voçoroca.

Neste contexto, o presente trabalho apresentar o panorama sobre técnicas utilizadas para controle de erosões nas margens das rodovias brasileiras, identificando os tipos de erosões mais ocorrentes e as técnicas mais utilizadas para o controle de áreas com solo degradado. Foi realizada uma busca na base de dados Google scholar, com uma *String* de busca bem definida, para obter o máximo de retornos de trabalhos relacionado a controle de erosões em rodovias, porém após a primeira triagem, onde foi analisados resumos e títulos, nenhum trabalho foi adicionado à pesquisa. Então foi realizada uma busca fora da base de dados, e dois trabalhos atenderam aos critérios elegibilidade e foram inclusos a presente pesquisa. Com a análise dos estudos obtidos, foi possível identificar que os tipos de erosões mais ocorrentes são erosão laminar, erosão em sulco e voçoroca. As técnicas mais utilizadas para o controle de erosão foi a hidrossemeadura, e a implantação de sistemas de drenagem para evitar o surgimento futuro de processos erosivos.

Foi realizado um estudo de caso na BR-010, o trecho está localizado na cidade de Palmas-TO. O processo erosivo na margem da rodovia se trata de uma erosão em sulco, com uma extensão de aproximadamente 130 metros. Foi identificado que a

rodovia em estudo não possui um sistema de drenagem na lateral onde ocorre a erosão, isso pode influenciar no surgimento de processos erosivos. Outro fator que pode ter propiciado o surgimento do processo erosivo é que ocorreu um serviço de movimentação de terra a montante do local do estudo, essa modificação do terreno natural pode ter contribuído para o surgimento da erosão, pois o solo encontra-se totalmente desprotegido sem nenhum tipo de vegetação ficando exposta a ação da chuva. Foi sugerido que haja intervenção no local da erosão, fazendo-se a reposição do solo deteriorado e após a execução da hidrossemeadura para a proteção do solo, na rodovia é importante que se construa sarjetas que possa direcionar a água para os dissipadores de energia, reduzindo assim o impacto da água com o solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Áreas degradadas, Técnica de recuperação.

## ABSTRACT

SILVA, Dayane Junker da. **EROSIONS ON SLOPES AND LANDFILLS ON BRAZILIAN HIGHWAYS: A REVIEW ON TECHNIQUES FOR CONTROL AND CASE ANALYSIS OF BR-010 IN PALMAS-TO. 2021. 34 f.**

Course Conclusion Work (Graduation) – Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas/TO, 2021.

Among the main modes in use in Brazil, the road stands out, which is currently responsible for the largest number of cargo and passenger transport in the country. For the engineering works for the implementation and maintenance of highways, it is necessary that earth movement services take place, thus causing the modification of the natural terrain and, with that, the emergence of erosion processes on the margins of the highways. Erosion has water as the main causative agent, and in the case of highways, rainwater is the main causative agent, because through precipitation, the detachment and transport of soil particles can occur, thus initiating the process of soil degradation. Erosive processes can be classified as laminar erosion, furrow erosion and gully erosion.

In this context, the present work presents an overview of techniques used to control erosion on the margins of Brazilian highways, identifying the most common types of erosion and the techniques most used to control areas with degraded soil. A search was carried out in the Google scholar database, with a well-defined search string, to obtain the maximum returns from works related to erosion control in highways, but after the first screening, where abstracts and titles were analyzed, no work has been added to the search. Then a search was performed outside the database, and two works met the eligibility criteria and were included in this research. With the analysis of the studies obtained, it was possible to identify that the most common types of erosion are laminar erosion, furrow erosion and gully erosion. The most used techniques for erosion control were hydroseeding, and the implementation of drainage systems to prevent the future emergence of erosion processes.

A case study was carried out on BR-010, the section is located in the city of Palmas-TO. The erosive process on the side of the road is a furrow erosion, with an extension of approximately 130 meters. It was identified that the highway under study does not have

a drainage system on the side where erosion occurs, this can influence the emergence of erosion processes. Another factor that may have led to the emergence of the erosion process is that there was a land movement service upstream of the study site, this modification of the natural terrain may have contributed to the emergence of erosion, as the soil is completely unprotected without no type of vegetation being exposed to the action of rain. It was suggested that there is intervention at the erosion site, replacing the deteriorated soil and after carrying out hydroseeding for soil protection, on the road it is important to build gutters that can direct water to the energy sinks, reducing thus the impact of water with the soil.

**KEY WORDS:** Degraded areas, recovery technique.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Porcentagem de rodovias federais pavimentadas.....	13
Figura 2 - Nomenclatura das rodovias federais.....	14
Figura 3 - Exemplificação do efeito Splash.....	15
Figura 4 - Surgimento de erosão laminar.....	16
Figura 5- Surgimento da erosão em sulco.....	17
Figura 6 - Erosão tipo voçoroca com alta degradação do solo.....	18
Figura 7 - Erosão grave afeta rodovia.....	19
Figura 8 – Fluxograma.....	22
Figura 9- Local do estudo de caso.....	24
Figura 10- Perfil do solo no local do estudo.....	25
Figura 11- Erosão na margem BR-010.....	26
Figura 12- Erosão avança em direção a BR-010 -.....	27

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Características gerais dos estudos sobre recuperação de áreas degradadas em rodovias brasileiras.....	23
--	----

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	14
2. OBJETIVOS .....	14
2.1 OBJETIVO GERAL .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
3. JUSTIFICATIVA .....	15
4. REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
4.1 RODOVIAS.....	15
4.1.1 Rodovias federais.....	15
4.1.2 Rodovias estaduais.....	17
4.2 DEGRADAÇÃO DO SOLO .....	18
4.2.1 Erosão do solo.....	18
4.3 EROSÃO EM RODOVIAS.....	21
4.3.1 Técnicas para recuperação de áreas degradadas .....	22
5. METODOLOGIA.....	23
5.1 Seleção de estudos e processo de coleta de dados.....	23
5.2 Análise dos dados .....	24
5.3 Estudo de caso .....	24
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	24
7.7. Processo de seleção dos estudos da revisão.....	24
7.8 Estudo de caso: erosões no trecho da BR – 010 em Palmas-TO .....	27
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
8. REFERÊNCIAS.....	32

## **1. INTRODUÇÃO**

No Brasil, dentre os mais diversos tipos de modais existentes, destaca-se o rodoviário. A construção do modal rodoviário foi fortemente impulsionada, principalmente após o Decreto - Lei N°8.463, de 27 de dezembro de 1945 que cria o Fundo Rodoviário Nacional (BRASIL, 1945). Segundo a Confederação Nacional de Transporte (2019) esse modal tem grande participação no desenvolvimento econômico de uma região, pois movimenta cerca de 60% de mercadorias e 95% de passageiros. Contudo, apesar dos benefícios decorrentes dos incentivos para a construção de rodovias no país, alguns problemas também decorreram da implantação desses modais, como as erosões.

De acordo com Giacomini e Pes (2017) a erosão é um processo de desagregação, transporte e disposição do solo e tem como alguns de seus agentes causadores a água e o vento. Nas rodovias a água da chuva é o principal agente causador de erosão (GIACOMINI ; PES 2017).

Diante disto esta revisão sistemática procura responder as seguintes perguntas: Quais estados brasileiros possuem mais estudos sobre ocorrência e controle de erosões nas rodovias? Quais são os tipos de erosões mais ocorrentes e as técnicas utilizadas para recuperação da área degradada? Qual o tipo de erosão existente e qual técnica sugerida para controle da área do estudo de caso?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Apresentar um panorama sobre as áreas degradadas em rodovias a partir da revisão de estudos e análise de caso na BR-010 em Palmas-To.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar quais estados brasileiros possuem mais estudos sobre ocorrência e controle de erosões nas rodovias;

- Identificar os tipos de erosões mais frequentes nas rodovias brasileiras e as técnicas de recuperação de áreas degradadas mais usadas para controle;
- Realizar análise de caso na BR-010, trecho de Palmas-TO e proposição de técnica de controle para área degradada.

### **3. JUSTIFICATIVA**

Junto com o crescimento da construção das rodovias brasileiras veio o surgimento de algumas patologias, dentre elas a erosão. As erosões nas margens de rodovias são retratadas em diferentes regiões do país (RIBEIRO; TIMÓTEO, 2017. SILVA et al., 2013. HENRIQUE et al.,2018). Sendo assim, conhecer os estados que concentram a maior parte dos estudos sobre ocorrência e controle de erosões nas rodovias, os tipos de erosões mais ocorrentes e as técnicas mais utilizadas no controle dessas erosões pode auxiliar na melhor tomada de decisão para concentrar esforços e solucionar problemas de erosões nas margens das rodovias nessas diferentes regiões.

### **4. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **4.1 RODOVIAS**

De acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem-DER-SP (2005) a definição de rodovia pode ser compreendida como via rural pavimentada, destinada ao tráfego de veículos autônomos que se deslocam sobre rodas.

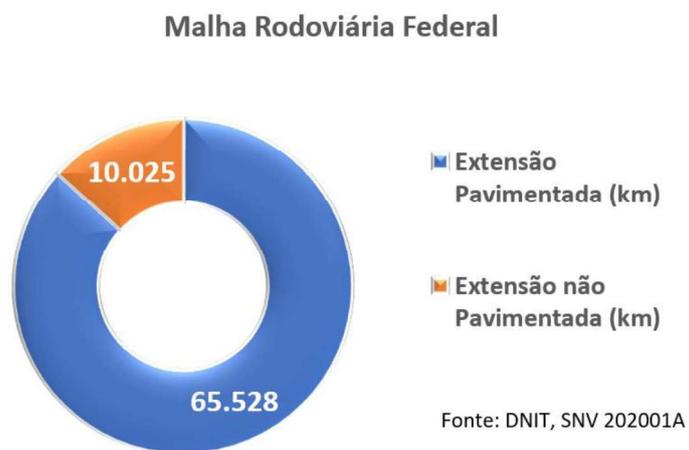
##### **4.1.1 Rodovias federais**

Segundo o Ministério da Infraestrutura (2020) as rodovias federais estão sob jurisdição federal por meio da Agência Nacional de Transportes Terrestres-ANTT, que atua fiscalizando os serviços prestados pelas concessionárias de rodovias federais, ou por meio do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte-DNIT, que é responsável pela manutenção das rodovias federais sob administração.

A malha rodoviária federal corresponde a um total de 75.533 mil km, no qual 87% são rodovias pavimentadas e 13% rodovias não pavimentadas (SFV, 2018), como demonstrado na figura 1. De acordo com a CNT (2019) a região nordeste possui maior

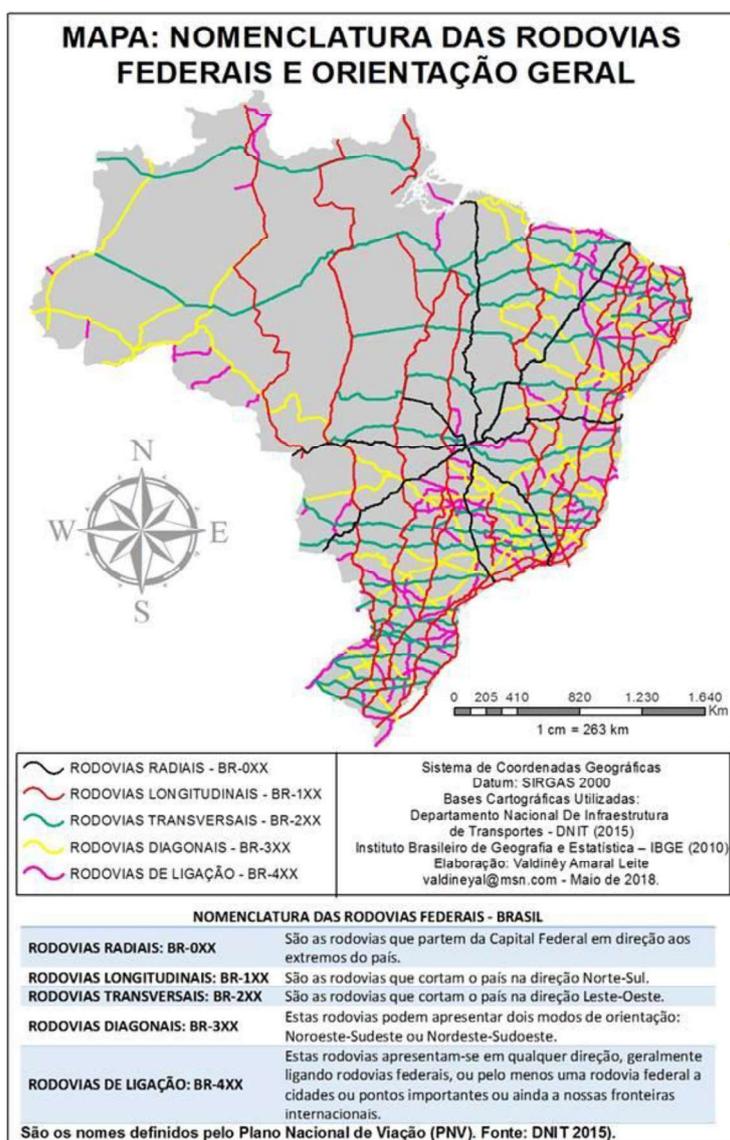
quantidade de rodovias pavimentadas (31,2%), seguida pelas regiões Sudeste e Centro-Oeste, sendo a região Norte com menor quantitativo (14,9%).

**Figura 1 – Porcentagem de rodovias federais pavimentadas.**



As rodovias Federais brasileiras são classificadas por sua orientação geográfica em rodovias radiais, longitudinais, transversais, diagonais e de ligação, conforme ilustra a figura 2.

Figura 2 – Nomenclatura das rodovias federais.



Fonte: DNIT, 2015.

#### 4.1.2 Rodovias estaduais

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte-DNIT (2006) classifica Rodovias estaduais como estradas de rodagem, sob jurisdição do governo do estado, no qual a administração pode ser por concessão à iniciativa privada ou por delegação ao município através de convênios. São classificadas como radiais, longitudinais, transversais e diagonais (SRF, 2020).

## 4.2 DEGRADAÇÃO DO SOLO

Um solo de boa qualidade é aquele que está em equilíbrio com as características do meio natural em que está inserido (KOHNKE; FRANZMEIER, 1995). Então tudo o que desvia ou desequilibra a condição natural resulta em degradação do solo. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA (2015), cerca de 30% dos solos do mundo estão degradados e entre os principais problemas estão salinização, compactação, acidificação, contaminação e erosão.

### 4.2.1 Erosão do solo

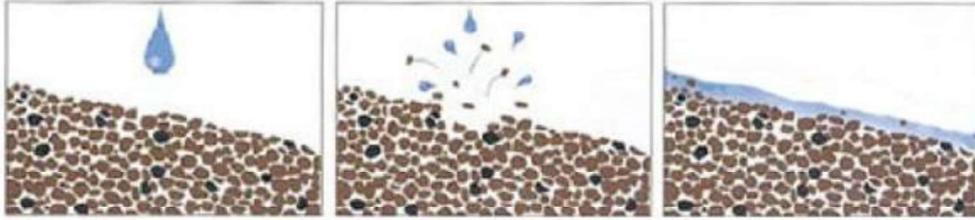
Erosão é o processo de desagregação do solo e sua remoção, partícula a partícula ou fragmento a fragmento, que podem ser causados principalmente pela ação da água e em alguns casos pelo vento (MENEZES, 2003), os dois principais agentes causadores dessa degradação do solo (FERREIRA, 1981). As erosões hídrica e eólica são algumas das principais ameaças aos solos do mundo e aos serviços ecossistêmicos, sendo que a erosão hídrica pode afetar não somente os solos, mas também provocar danos às infraestruturas privadas e públicas, deterioração da qualidade da água e acúmulos de sedimentos (FAO, 2019).

A erosão eólica consiste no transporte aéreo, ou por rolamento, de partículas do solo pela ação do vento e pode ocorrer principalmente em regiões em que a vegetação é insuficiente para cobrir e proteger o solo (RIO GRANDE DO SUL, 1985). A água é um agente causador de erosões de grande relevância, pois pode agir nas enxurradas, nos leitos dos cursos d'água e ondas, por exemplo (SONIA, 1995). A erosão hídrica é dividida em laminar, sulcos e voçorocas.

#### 4.2.1.1 Erosão laminar

Quando as gotas da água da chuva caem no solo descoberto geram um impacto que ocasiona o desprendimento das partículas do solo, processo denominado *splash* (BERTONI et al., 1990). A partir disso, as partículas do solo podem se carreadas como demonstrado na figura 3.

**Figura 3** – Exemplificação do efeito *splash*.



Fonte: GEOGRAFALANDO, 2012.

A erosão laminar também conhecida como erosão em lençol ou superficial, caracteriza-se pela desagregação e arraste das partículas da superfície do solo em camadas uniformes, sem formar sulcos, desgastando a camada por igual, retirando somente uma lâmina na superfície (SONIA, 1995), como demonstrado na figura 4.

**Figura 4** – Surgimento de erosão laminar.



Fonte: SINAGEO, 2014.

#### 4.2.1.2 Erosão em sulco

De acordo com Giacomini e Pes (2017) as erosões em sulcos estão associadas aos terrenos mais inclinados e à concentração das lâminas d'água. A topografia influencia muito no surgimento dessas erosões, principalmente por dois fatores: declividade e comprimento da rampa (MARQUES et al., 1995).

A concentração do fluxo de água no mesmo trajeto origina o desgaste superficial do solo e causa a remoção de suas partículas, e com a repetição desse processo inicia pequenas incisões nessa matriz, como demonstrado na figura 4, que são denominadas de sulcos. (BERTONI; LOMBARDI, 2010).

**Figura 5 – Surgimento da erosão em sulco**



Fonte: BRASIL ESCOLA, 2015.

#### 4.2.1.3 Erosão em voçoroca

A erosão em voçoroca é o deslocamento de grandes massas de solo de modo a formar sulcos imensos em extensão e profundidade (SONIA, 1995), como demonstrada na figura 6. É formada quando grandes volumes de água ganham velocidade, desagregando as laterais e o fundo dos sulcos (GIACOMINI; PES, 2017), sendo assim um agravamento consequente da erosão já existente. Quando não controladas essas erosões tendem a se agravarem deixando uma área maior de solo degradado.

**Figura 6** – Erosão tipo voçoroca com alta degradação do solo.



Fonte: EMBRAPA, 2012.

#### 4.3 EROSÃO EM RODOVIAS

Conforme Paraná (2000), os problemas mais comuns encontrados ao longo de rodovias são as erosões e os deslizamentos de taludes de corte e aterros, os quais, muitas vezes, são resultantes do deficiente acabamento do serviço de terraplanagem executada durante a obra de construção das estradas e das próprias características do solo. Os taludes das rodovias, conforme figura 6, ficam expostos à ação da chuva, tornando suscetível a ocorrência de erosão, o que pode comprometer a estrutura física do sistema rodoviário e causar problemas para determinada região (MARTINS, 2015).

Segundo o art. 2º da Resolução CONAMA nº 1/1986, antes de qualquer execução de projeto de estradas de rodagem é necessário a elaboração de estudos de impacto ambiental e seus devidos relatórios para serem submetidos à aprovação dos órgãos competentes (BRASIL, 1986). Impacto ambiental é todo tipo de alteração física, química ou biológica no meio ambiente, podendo ser causada direta e indiretamente pela ação humana (FAO, 2019), como demonstrado na figura 7. Contudo, mesmo com esses estudos ambientais ainda assim podem surgir erosões nas margens das rodovias. Quando ocorrem, técnicas de recuperação de áreas degradadas precisam ser usadas para intervenção.

**Figura 7 – Erosão grave afeta rodovia.**



Fonte: DER 2021.

#### 4.3.1 Técnicas para recuperação de áreas degradadas

O art. 2º da Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000, define recuperação como a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma não degradada, que pode ser diferente da sua condição natural (BRASIL, 2000).

Segundo o Fernando et al. (2013), antes de decidir a técnica a ser utilizada para a recuperação de uma área degradada deve-se fazer um histórico do uso da área e do solo para saber a quanto tempo foi retirada a vegetação natural e qual é a finalidade do uso do solo atual para identificar as perturbações e o período que elas ocorreram.

Para a recuperação de áreas degradadas várias técnicas são utilizadas, como por exemplo regeneração natural, enriquecimento, intervenções no solo e hidrossemeadura, sendo suas escolhas passivas da situação de degradação que a área se encontra. Conforme Durigan et al. (2011) a regeneração natural é uma técnica que atua eliminando os agentes de perturbação, permitindo assim que a área se regenere de forma natural. Enriquecimento é utilizado em áreas que já existe um grau de regeneração natural e faz uso da diversidade vegetal para acelerar a cobertura vegetal do terreno (FERNANDO et al., 2013). Para voçoroca, por exemplo, recomenda-se a intervenção no solo para reduzir a velocidade da água e o seu poder erosivo, sendo o terraceamento

uma técnica que pode se utilizada, pois consiste em intervir no solo com um desnível e ajuntamento com canais para escoar a água incidente para outras áreas (ANDRADE et al., 2012).

## 5. METODOLOGIA

O protocolo Prisma, usado para elaboração de revisão sistemática e metanálise, foi usado nesta revisão sistemática no intuito de reduzir risco de viés e garantir maior qualidade do estudo (Moher et al., 2015). Dessa forma os descritores relacionados à técnica (técnica e método), recuperação (recuperação, restauração e controle) e erosão (erosão, áreas degradadas, laminar, sulcos, ravinas e voçorocas) foram selecionados e serão usados na seguinte *string* de busca de dados {((técnica\* OR método\*) AND (recuperar\* OR restaurar\* OR controlar\*) AND (erosão\* OR área degradada\* OR laminar\* OR voçoroca\* OR sulco\* OR ravina\*) AND ("rodovia OR rodovias") AND Brasil\*) -TCC -dissertação -tese)}. As buscas dos artigos científicos foi realizada na base de dados Google Scholar com foco em títulos, resumos e palavras chaves.

### 5.1 Seleção de estudos e processo de coleta de dados

Para os critérios de inclusão de trabalhos nesta revisão foi considerados estudos que abordem: 1) recuperação de áreas degradada em rodovias brasileiras; 2) intervenção com técnicas para controle de erosão; 3) publicados em revistas científicas revisadas por pares; e 4) o idioma português. Os critérios de exclusão serão: 1) artigos que não sejam relacionados a rodovias; 2) que não tenham sido realizadas técnicas para recuperação de área; 3) contrários aos critérios de inclusão; 4) literatura cinza (TCC, dissertações e teses), 5) planos de recuperação de áreas degradadas- PRADs, cartas, revisões e metanálise.

Dois avaliadores independentes selecionaram as publicações com base nas informações contidas nos títulos e resumos considerando os critérios de elegibilidade. Os artigos incluídos foram lidos na íntegra para verificar se atendem aos critérios de elegibilidade.

Após avaliação de conformidade com os critérios de elegibilidade as seguintes informações foram extraídas: 1) autores e ano de publicação; 2) estado, rodovia e trecho

em que o estudo foi realizado; 3) descrição da área; 4) tipo de erosão ocorrente na área degradada; 5) técnica utilizada para o controle da erosão.

### 5.2 Análise dos dados

Todos os dados extraídos foram tabulados e analisados com uso do *software* Excel. Os tipos de erosões mais ocorrentes e as técnicas de recuperação de áreas degradadas mais empregadas foram apresentados em tabela.

### 5.3 Estudo de caso

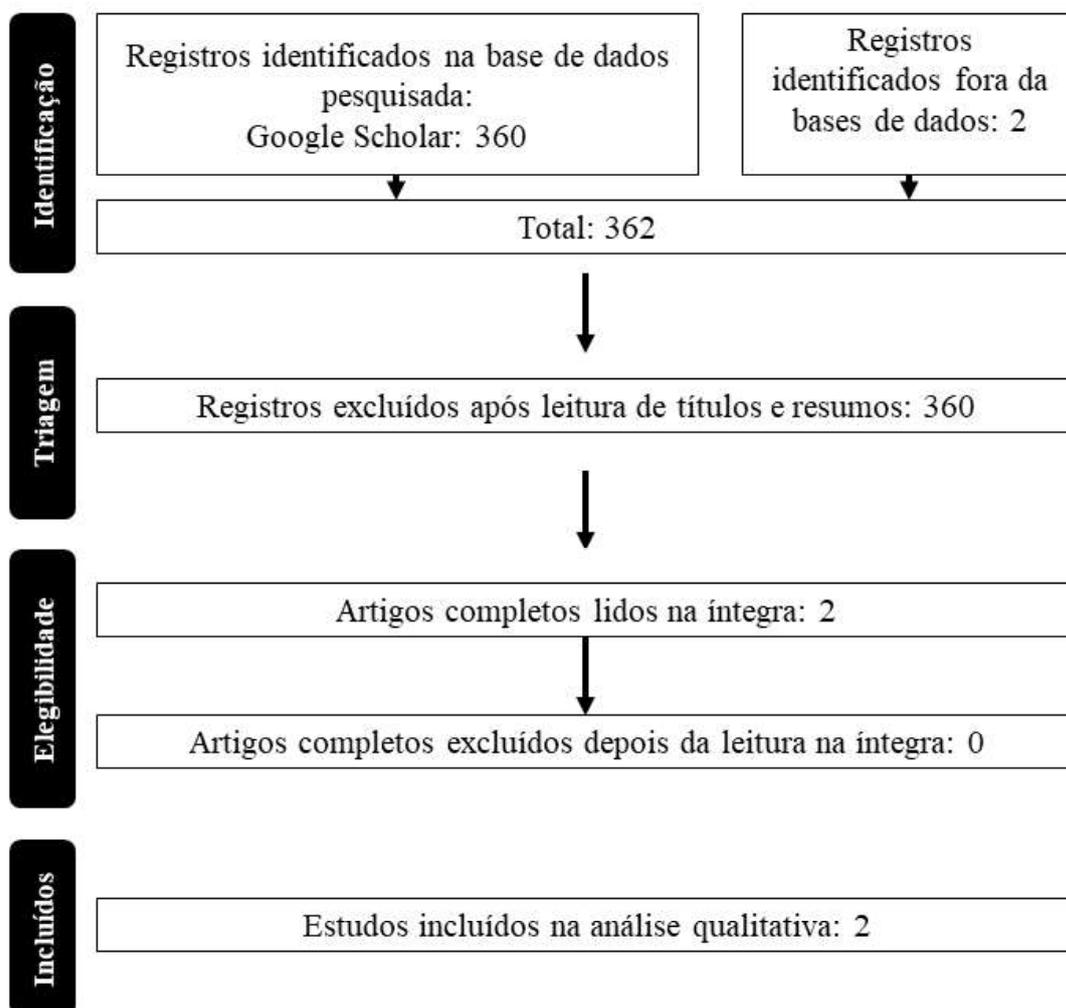
O estudo de caso foi realizado na margem da rodovia federal BR-010 na cidade de Palmas-TO, foi feita visitas para a realização de registros fotográficos da erosão existente no local e foram identificados os possíveis agentes causadores dos processos erosivos. Foi feita uma análise tátil visual de amostras de solo a fim de ajudar na caracterização do tipo de solo no local do estudo e com a utilização de uma trena foi tirada medidas da erosão.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 7.7. Processo de seleção dos estudos da revisão

Após a realização de uma busca na base de dados Google Scholar, com a utilização da *String* de busca bem definida, esperando-se obter o máximo de retorno de trabalhos relacionados a controle de erosão em rodovias brasileiras, porém após a primeira triagem, de título e resumos, foi verificado que nenhum trabalho tinha relação com recuperação de áreas degradadas em rodovias. Porém foram identificados e incluídos na revisão dois trabalhos obtidos fora da base pesquisada, esses trabalhos se quadraram aos critérios de inclusão da pesquisa.

**Figura 8-** Fluxograma das etapas compreendidas para a seleção de estudos utilizados na revisão.



Fonte: AUTOR, 2021.

Dos estudos incluídos nesta revisão, todos foram realizados no estado do Paraná. O primeiro foi realizado na rodovia estadual PR-317, localizada entre os municípios de Floresta e Peabirú, e o segundo trabalho foi realizado na rodovia federal BR-116, que fica entre as cidades de Curitiba até o limite estadual de Santa Catarina (Tab. 1). Porém não se podem usar esses trabalhos com parâmetro para todo Brasil, já que o número de trabalhos retornados não é representativo de todo o território nacional.

Os tipos de erosões mais frequentes identificada nos estudos foram erosão laminar, erosão em sulco e voçorocas. No primeiro trabalho foram identificados os três tipos de processos erosivos, porém no segundo estudo não foi caracterizada os tipos de erosões existentes. O principal agente causador das erosões descritas nos estudos é a água, porém foram identificados alguns fatores que contribuíram para o surgimento de

processos erosivos. Nakajima et al. (2016) constataram que a declividade, concentração de escoamento superficial e compactação do solo contribuíram para o surgimento e agravamento das erosões. No entanto, Serra (2017) atribuiu também surgimento de erosão ao serviço de roçada na margem das rodovias, pois este tipo de prática deixa o solo desprotegido ficando vulneráveis às ações do intemperismo.

**Tabela 1** - Características gerais dos estudos sobre recuperação de áreas degradadas em rodovias brasileiras.

<b>Autor</b>	NAKAJIMA, MAZZER, ARANTES, (2016).	SERRA, (2017).
<b>Estado</b>	Paraná	Paraná
<b>Rodovia</b>	PR-317	BR-116
<b>Trecho</b>	Entre Floresta-PR e Peabirú-PR	Entre Curitiba, Pará e Santa Catarina
<b>Descrição da área de estudo</b>	Solo predominante é o latossolo vermelho, de textura argilosa	-
<b>Tipo de erosão</b>	Laminar, em sulco e voçoroca	Não foram caracterizados os tipos de erosões
<b>Técnica utilizada para recuperação da área</b>	Para erosão laminar e em sulco foi utilizada a hidrosemeadura. A técnica utilizada para a voçoroca foi a sarjeta, que direciona a água até os dissipadores de energia em degraus.	Foi removida a camada danificada e estabilizada com o uso de rachão, implantado um novo sistema de drenagem e replantio de vegetação (hidrossemeadura).

Fonte: AUTOR, 2021.

A técnica mais utilizada para o controle de erosão foi a hidrossemeadura, essa técnica foi utilizada no controle das erosões laminar e em sulco encontradas nos

estudos, pois tem como principal função proteger o solo conforme Nakajima et al. (2016). De acordo com Serra (2017) para o controle da voçoroca foi utilizada emissário, sarjeta, para direcionar a água captada no pavimento até os dissipadores de energia. No segundo estudo, para os locais mais degradados, foi realizada a remoção do solo até encontrar uma camada de solo resistente, e após foi repostado a camada de solo utilizando rachão, pedra de mão, e foi feita a instalação do sistema de drenagem e por fim foi executado o plantio de grama.

#### 7.8 Estudo de caso: erosões no trecho da BR – 010 em Palmas-TO

O trecho do estudo está localizado na rodovia BR-010, zona urbana da cidade de Palmas-TO, como mostrado na figura 9. Essa rodovia, até o ano de 2016, foi administrada pelo governo estadual e era denominada como TO-050. Após mudanças, o trecho entre o perímetro urbano de Taquaralto, saída para o município de Porto Nacional, e o entroncamento com a TO-020, que dá acesso ao município de Aparecida do Rio Negro, se tornou BR-010 (TOCANTINS, 2017), sob jurisdição do governo federal, tendo como órgão responsável pela sua administração o DNIT. A área de estudo apresenta declividade, com processos erosivos no solo à margem da rodovia, que encontra-se desprotegido na maior parte e em alguns locais com pouca vegetação herbácea.

**Figura 9** – Local do estudo de caso.

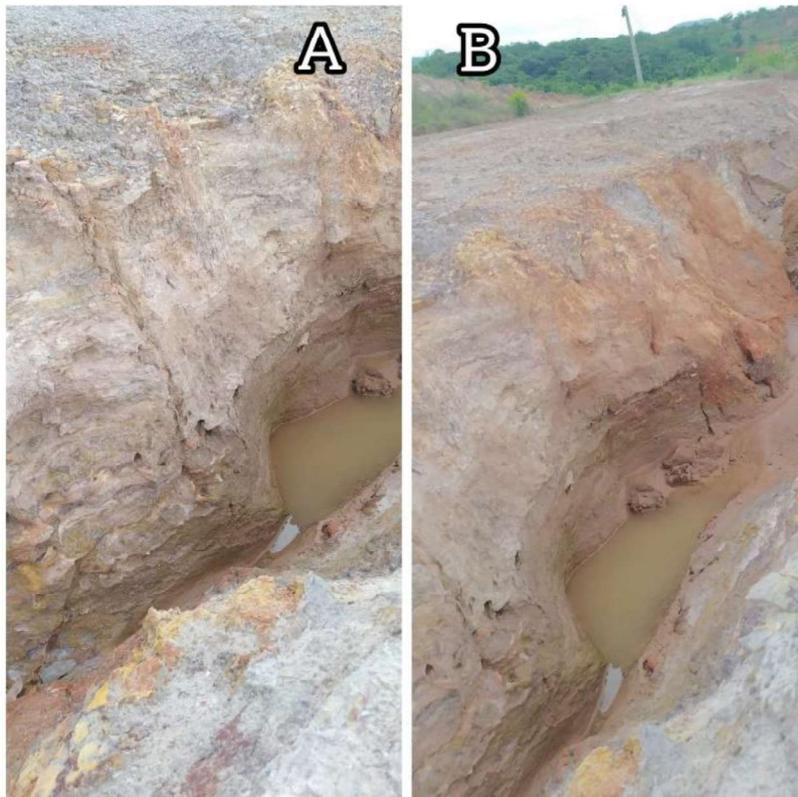


Fonte: GOOGLE EARTH, 2021.

A cidade de Palmas-TO tem seu período de chuva bem definido entre os meses de outubro a abril, sendo que o mês de janeiro é o mês mais chuvoso do ano, pode ter como média mensal 245mm de chuva, e os meses entre maio e setembro são os meses mais secos do ano (INEP, s.d).

De acordo com Tocantins (2012) o solo dominante do trecho em estudo é o latossolo vermelho-amarelo. O latossolo pode ser classificado como um solo constituído por material mineral e pode apresentar distintas colorações (EMBRAPA, 2018). Por meio da análise tátil visual foi possível caracterizá-lo também em um solo arenoso-siltoso, como mostra a figura 10.

**Figura 10-** Perfil do solo no local do estudo.



**Fonte:** AUTOR 2021.

A erosão identificada na margem da rodovia federal BR-010 pode ser classificada como erosão em sulco, como mostra a figura 11, e apresenta avanços na deterioração do solo. Caso não haja medidas de intervenção para a recuperação e

proteção da área afetada, os processos erosivos continuarão ocorrendo e poderá evoluir para uma voçoroca.

**Figura 11 - Erosão na margem BR-010**

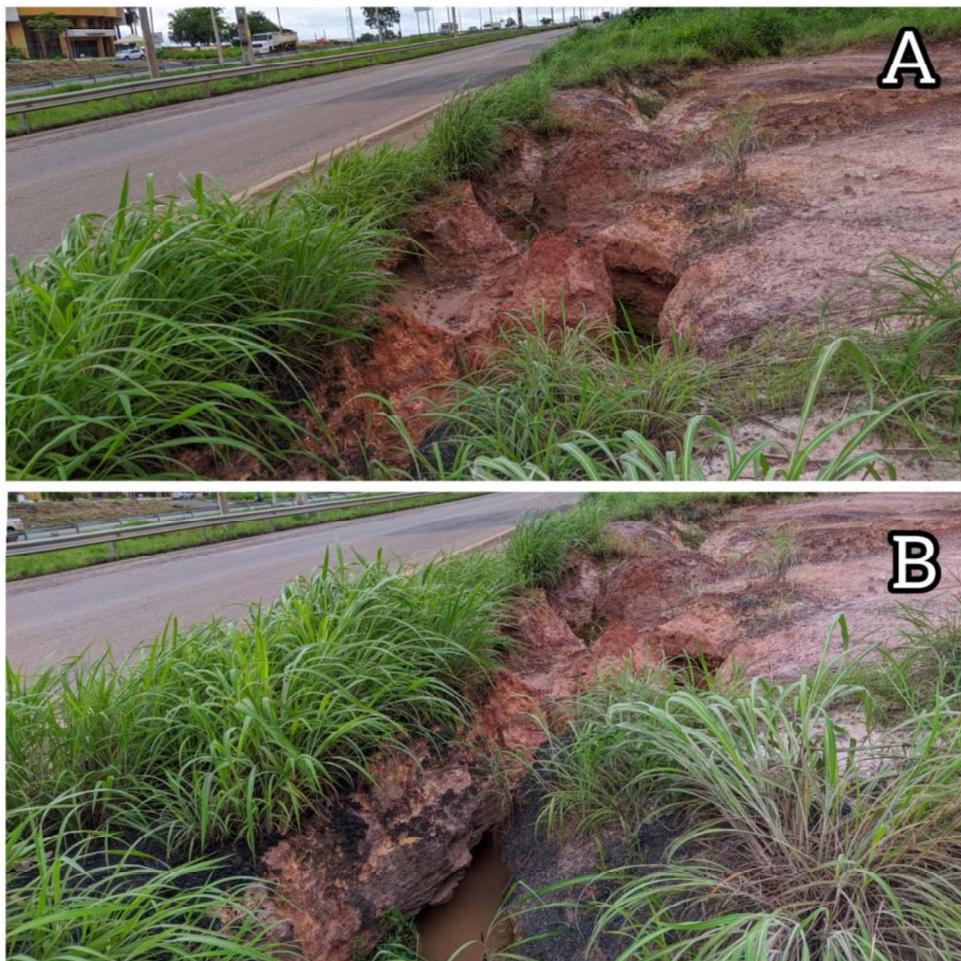


**Fonte:** AUTOR 2021.

Foi possível observar que a rodovia não possui sistema de drenagem na lateral, onde apresenta a formação de processos erosivos, o que pode ser um fator que contribuiu para o surgimento da erosão, já que a água não está sendo coletada, e nem direcionada de forma correta. Outro fator que pode ter sido relevante para o surgimento da erosão é que existem vestígios da movimentação de grande volume de terra próxima à montante do local de estudo, deixando o solo totalmente desprotegido contra a ação da água da chuva.

O processo erosivo tem aproximadamente uma extensão 130 metros, com variação de profundidade ao longo do trecho estudado. Os pontos mais profundos variaram entre 80 cm e 100 cm. Como apresentado na figura 12, a erosão já avança em direção à rodovia, podendo danificar as camadas de solo que compõem a estrutura do pavimento rodoviário, que conseqüentemente afetará também a utilização da rodovia.

**Figura 12** - Erosão avança em direção a BR-010



**Fonte:** AUTOR 2021.

É necessário que seja feita uma intervenção visando o a recuperação da área degradada de forma a evitar o surgimento de novos processos erosivos. Dessa forma, sugere-se a reposição do solo danificado, e após, fazer uso da hidrossemeadura, a técnica mais utilizada entre os estudos incluídos nesta revisão. A hidrossemeadura tem como principal função proteger o solo da ação da água, evitando a deterioração e transporte do solo (NAKAJIMA et al. 2016). É necessário também que a água da chuva, escoada na rodovia, seja captada por sarjetas e então direcionada aos dissipadores de energia para que haja uma redução no impacto da água com o solo, evitando assim a desagregação e transporte de suas partículas. Além disso, é de grande importância que seja realizada intervenção na área onde foi ocorreu o serviço de movimentação de terra, pois, caso a erosão seja recuperada, e sua montante ainda continue com o solo desprotegido, pode propiciar o surgimento de novos pontos com processos erosivos, tanto no local onde ocorreu a movimentação de terra quanto na margem da rodovia.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Foi possível concluir com esse trabalho que a região do Brasil em que mais se obteve retorno de trabalho relacionado a controle de erosão em rodovias foi à região sul do Brasil, mais especificamente no estado do Paraná. Onde foi identificado através dos estudos que os tipos de erosões mais ocorrentes nas rodovias são erosão laminar, erosão em sulco e voçorocas, porém não se podem usar esses trabalhos com parâmetro para todo Brasil, já que o número de trabalhos retornados não é representativo de todo o território nacional. E as técnicas mais utilizadas para a recuperação das áreas degradadas foram hidrossemeadura, que tem como função proteger o solo, e para a drenagem da rodovia foi utilizado sarjetas e dissipadores de energia. A análise de caso realizado na rodovia Federal BR – 010 assemelham-se as problemáticas apontadas nos trabalhos retornados. A erosão identificada no estudo de caso é uma erosão em sulco, e caso não haja recuperação da área degradada à erosão pode evoluir para uma voçoroca afetando de forma significativa a rodovia BR-010.

## 8. REFERÊNCIAS

ANDRADE, T. et al. **Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural 2012**. Rio de Janeiro, RJ. P. 9.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7.ed. São Paulo, Ícone, 2010. 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. p.11- 93; 320-343.

BRASIL, MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Manutenção de rodovias 2020**, Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-terrestre/rodovias-federais/rodovias-federais-perguntas-frequentes-manutencao-de-rodovias>> Acesso em: 17, de maio de 2021.

BRASIL. **Decreto-lei nº 8.463**, de 27 de dezembro de 1945. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 de Dez. 1945. Seção 1, p1.

BRASIL. **Decreto-lei nº 9.985**, de 18 de Julho de 2000. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 de Jul.2000. Capítulo 1. p1

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE CNT (2019). **Pesquisa cnt de rodovias 2019**. Brasília, DF, 2019

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº1, de 23 de janeiro de 1986**, Brasil, 23 de Jan. 1986.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DER. **Classificação e codificação rodovias estaduais são paulo 2005**, São Paulo, SP. 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Roteiro básico para sistema rodoviários estaduais 2006**, Mato Grosso, MT 2006.

DURIGAN, G, et al. **MANUAL PARA recuperação da vegetação de cerrado 2011**. São Paulo, SP. P.9.

EMBRAPA. **Status of the world's soli resources 2015**, Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8104410/relatorio-da-fao-com-participacao-da-embrapa-revela-que-33-dos-solos-do-mundo-estao-degradados>> Acesso em: 13, de maio de 2021.

EMBRAPA. Humberto Gonçalves dos Santos. Embrapa. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2018. Disponível em: file:///C:/Users/dayane%20junker/Downloads/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004%20(1).pdf. Acesso em: 15 nov. 2021.

FAO. 2019. **Diretrizes Voluntárias para a Gestão Sustentável dos Solos**. Roma.

FERNANDO, L. et al. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no estado do rio de janeiro**. Rio de Janeiro, RJ. 2013.p 57.

FERREIRA, P. H. de M.; **princípios de manejo e conservação do solo**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1981.

HENRIQUE,L. et al. **Caracterização de taludes degradados na rodovia Br 365 no norte dede Minas Gerais**. Minas Gerais, MG, 2018.

INEP, **Estação de Palmas - Climatologia Local**. Brasil, S.d. Disponível em: [http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/palmas\\_clima.html](http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/palmas_clima.html). Acesso em: 22 de Dez. 2021.

LOHNKE,H,;FRANZMEIER,D.P.**soil science simplified**, 4 ed. Illinois: Waveland, 1995. P.88.

NAKAJIMA, Karem Kiyomi; MAZZER, Helton Rogério; ARANTES, Eudes José. Proposta de Técnicas de Controle da Erosão na rodovia PR-317 entre os Municípios de Floresta-PR e Peabirú-PR. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 81-94, 31 dez. 2016. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. <http://dx.doi.org/10.17271/1980082712420161459>. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum\\_ambiental/article/view/1459/1481](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/1459/1481). Acesso em: 14 nov. 2021.

MARQUES, J. F. **Efeitos da erosão do solo na geração de energia elétrica. Uma abordagem da economia ambiental**. São Paulo: USP. Faculdade de Economia e Administração- Tese de Doutorado em Economia, 1995.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa. Editora UFV. 2015. 270p.

MENEZES, S. M. **Geotecnia aplicada a projetos: obras em encostas de solo**. Lavras. UFLAFAEPE - Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” (Especialização) a Distância: Gestão E Inovações Tecnológicas Na Construção. 2003. 133p.

PARANÁ, SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES, DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de instruções ambientais para obras rodoviárias**. Curitiba: SETR/DER e UFPR/FUPEF, 2000. 246p

PES, L. Z.; GIACOMINI, A. I. **Conservação do solo**. Santa Maria, RS, 2017. 1 Ed, p 70.

RIBEIRO, M.; TIMÓTEO, A. **Diagnóstico e proposição de controle da erosão urbana**. Goiatuba, GO, 2017.

RESOLUÇÃO CONAMA nº001 DE 23 DE JANEIRO DE 1986. **Conselho nacional do meio ambiente**. Brasília, 1986. P.636.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura. **Manual de conservação do solo e água: uso adequado e preservação dos recursos naturais renováveis**. 3. ed. atualizada. Porto Alegre, 1985. 287 p.

SERRA, Luís Gustavo Fernandes. **RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE TALUDES E ENCOSTAS NA RODOVIA BR-116 PR/SC, ADMINISTRADA POR CONCESSIONÁRIA DE RODOVIAS**. 2017. 19 f. Monografia (Especialização) - Curso de Mba Gestão Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

Disponível em:

file:///C:/Users/dayane%20junkner/Desktop/TCC%202/TRABALHOS%20SELECIONADOS/RECUPERA%C3%87%C3%83O%20AMBIENTAL%20DE%20TALUDES%20E%20ENCOSTAS%20NA%20RODOVIA.pdf. Acesso em: 14 nov. 2021.

SILVA, T. et al.,. **Avaliação de impactos ambientais na rodovia MG – 010: estudo de caso no vetor norte de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, MG, 2012.

SISTEMA FEDERAL DE VIAÇÃO SFV. **Sistema rodoviário federal 2020**,

Disponível em: < <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-terrestre/rodovias-federais/rodovias-federais-informacoes-gerais-sistema-federal-de-viacao> > Acesso em: 17, de maio de 2021.

SISTEMA FEDERAL DE VIAÇÃO. **Transporte 2018**, Brasil 2018.

SONIA, Maria. **Estudo da erosão 1995**. Petrolina, PE, 1995.

TOCANTINS. Wherbert Araújo. Governo do Tocantins. **Trecho da TO-050 em Palmas passará a ser administrada pelo Governo Federal.** 2017. Disponível em: <https://www.to.gov.br/noticias/trecho-da-to-050-em-palmas-passara-a-ser-administrada-pelo-governo-federal/5q1deegoyx99>. Acesso em: 14 nov. 2021.

TOCANTINS. Governo. Secretaria do Planejamento e Orçamento (org.). **Tocantins:** subsídios ao planejamento da gestão territorial. Subsídios ao Planejamento da gestão territorial. 2012. Disponível em: [file:///C:/Users/dayane%20junker/Desktop/TCC%202/Atlas\\_do\\_Tocantins\\_2012.pdf](file:///C:/Users/dayane%20junker/Desktop/TCC%202/Atlas_do_Tocantins_2012.pdf). Acesso em: 15 nov. 2021.