

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PATRICIA DAVI

**DESENVOLVIMENTO DE UM ESTUDO DE CASO: CONTROLE DE
EROSÕES NA BR 487, ESTRADA BOIADEIRA**

CAMPO MOURÃO

2018

PATRICIA DAVI

**DESENVOLVIMENTO DE UM ESTUDO DE CASO: CONTROLE DE
EROSÕES NA BR 487, ESTRADA BOIADEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof. Dr. Eudes José Arantes

CAMPO MOURÃO

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**DESENVOLVIMENTO DE UM ESTUDO DE CASO: EROSÕES EXISTENTES NA BR-487,
ESTRADA BOIADEIRA**

por

Patricia Davi

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 08h30min do dia 04 de julho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Ewerton Clayton Alves da
Fonseca**
(UTFPR)

Prof. Fábio Rodrigo Krüger
(UTFPR)

Prof. Dr. Eudes José Arantes
(UTFPR)
Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro LubachevskiKurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil: **Prof. Dr. Ronaldo Rigobello**

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico aos meus pais e irmãos por acreditarem em mim.
Ao meu mentor Gilmar Salomão, por colaborar, ensinar e principalmente acreditar
em mim.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por não me deixar desistir, por estar presente em meu dia-a-dia, por me dar força e coragem nos momentos que mais precisei e por nunca me abandonar.

Agradeço aos meus pais Atailho e Ivonete por nunca desistirem de mim e me apoiarem em todas as decisões, além de serem meus grandes exemplos, se sou essa pessoa hoje, devo tudo a vocês. Aos meus irmãos Amanda e Lucas por me ajudar sendo exemplo de persistência, superação e dedicação.

Aos meus amigos Ana Carla Moreira, Amanda Jaqueline Davi, Elisiane Ferreira, Sabrina Aguiar, Leda Batelo, Solange Candido Juvaneli, Cristina Candido, Fernanda Candido, Camila Almeida, Bernadete Ibanez e Gilmar Salomão, pessoas as quais contribuíram consideravelmente para minha formação e que de alguma forma me motivaram a continuar buscando pela realização deste sonho. Considero vocês parte de minha família.

Ao meu orientador, prof. Dr. Eudes José Arantes, pelos ensinamentos e paciência durante todo o desenvolvimento deste trabalho, colocando-se sempre disposto a ensinar e a ajudar sem medir esforços.

Um agradecimento especial também à UTFPR, todos os professores e profissionais que diretamente ou indiretamente fizeram parte da minha graduação e que me ajudaram para que eu chegasse até aqui.

Enfim, a todos, meu sincero muito obrigada!

RESUMO

Os problemas encontrados durante e após a execução da implantação da execução ou reconstrução da pavimentação asfáltica porventura não recebem a atenção necessária para garantir conforto ao usuário das estradas e rodovias. Por isso, as empresas responsáveis pela manutenção e preservação dos pavimentos devem estar atentas ao surgimento de passivos ambientais, como por exemplo, erosões. A erosão é definida como o processo de desagregação e transporte de terra pela ação de agentes erosivos como a água e o vento. Os problemas ocasionadores da erosão podem ser identificados por meio do estudo de resultados de ensaios de caracterização do solo e análise dos índices pluviométricos das regiões próximas aos pontos de constatação das erosões. Este trabalho se baseia no desenvolvimento de estudos por meio de dados científicos obtidos pela realização de ensaios de caracterização do solo para identificar as possíveis causas de erosões ocasionadas no ano de 2016 em alguns pontos da Rodovia BR 487, que liga as Cidades de Campo Mourão e Tuneiras D'Oeste. Além disso, apresenta a metodologia adotada pela empresa responsável pela manutenção da Rodovia para resolver os problemas de erosão encontrados. Os ensaios de caracterização do solo presentes neste trabalho (Análise Granulométrica e Massa Específica), foram realizados no laboratório de Mecânica dos Solos da UTFPR de Campo Mourão e seus resultados permitiram identificar solos com baixa porcentagem de argila e alta densidade específica. Os índices pluviométricos fornecidos pelo Instituto das Águas do Paraná apresentaram maior incidência de precipitação no mês de outubro nas regiões dos pontos com erosão e as soluções implantadas pela empresa responsável (terraplanagem, drenagem, recuperação ambiental e implantação de manta geotêxtil) foram sutis para sanar os problemas de erosão nos pontos de erosão da BR 487 (PR).

Palavras-chave: Erosão, Caracterização do Solo, Solo, Índices Pluviométricos.

ABSTRACT

The problems encountered during and after execution of the implementation of the execution or reconstruction of asphalt paving do not receive the necessary attention to guarantee comfort to the users of roads and highways. Therefore, companies responsible for the maintenance and preservation of pavements should be aware of the appearance of environmental liabilities, such as erosion. Erosion is defined as the process of disaggregating and transporting land by the action of erosive agents such as water and wind. The erosion-causing problems can be identified by studying the results of soil characterization tests and analyzing the pluviometric indexes of the regions near the erosion detection points. This paper is based on the development of studies using scientific data obtained through soil characterization tests to identify the possible causes of erosion caused in 2016 in some points of Highway BR 487, which links the cities of Campo Mourão and TuneirasD'Oeste. In addition, it presents the methodology adopted by the company responsible for the maintenance of the Highway to solve the erosion problems encountered. The soil characterization tests present in this paper (Granulometric Analysis and Specific Density) were performed in the soil mechanics laboratory of the UTFPR of Campo Mourão and their results allowed to identify soils with low percentage of clay and high specific gravity. The rainfall indexes provided by Institute of the waters of Paraná showed a higher incidence of precipitation in October in the regions of the erosion sites, and the solutions implemented by the company responsible (earth-moving, drainage, environmental recovery and geotextile blanket implantation) were subtle to solve erosion problems in the erosion points of BR 487 (PR).

Keywords:Erosion, Soil Characterization, Soil, Pluviometric Indexes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Curvas Granulométricas de alguns Solos	8
Figura 2 - Pluviômetro	9
Figura 3 - Pluviógrafo	10
Figura 4 - Localização da BR 487 (PR).....	11
Figura 5 – Aparelho de Dispersão	12
Figura 6 - Picnômetro	12
Figura 7 - Aparelho de dispersão e Pormenor da Hélice.....	13
Figura 8 – Conjunto de Peneiras com Amostra de Solo.....	14
Figura 9 - Proveta de Vidro Graduada	15
Figura 10 - Ensaio de Determinação da Massa Específica do Solo.....	19
Figura 11 - Representação gráfica: Análise Granulométrica (BR 487 KM 150 – Lado Esquerdo).....	27
Figura 12 - Representação gráfica: Análise Granulométrica (BR 487 - KM 150 – Lado Direito).....	28
Figura 13 - Representação gráfica: Análise Granulométrica (BR 487 - KM 157)	29
Figura 14 - Representação gráfica: Análise Granulométrica (BR 487 - KM 161)	30
Figura 15 - Representação gráfica: Análise Granulométrica (BR 487 - KM 170)	31
Figura 16 – Resumo das Precipitações.....	32
Figura 17 - Levantamento dos problemas de erosão (Lado Direito, KM 150+480) ...	33
Figura 18 - Levantamento dos problemas de erosão (Lado Esquerdo, KM 150+500).....	33
Figura 19 - Levantamento dos problemas de erosão (Lado Esquerdo, KM 157+930).....	34
Figura 20 - Levantamento dos problemas de erosão (Lado Direito, KM 161+240) ...	35
Figura 21 - Levantamento dos problemas de erosão (Lado Direito, KM 170+015) ...	35
Figura 22 - Passo a passo: Hidrossemeadura	39
Figura 23 – Soluções implantadas nas erosões (Lado Direito, KM 150+480).....	40
Figura 24 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Esquerdo, KM 150+500).....	41
Figura 25 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Esquerdo, KM 157+930).....	42
Figura 26 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Direito, KM 161+240).....	43
Figura 27 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Direito, KM 170+015).....	44
Figura 28 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Direito, KM 150+480).....	45
Figura 29 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Esquerdo, KM 150+500).....	45
Figura 30 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Esquerdo, KM 157+930).....	46

Figura 31 - Soluções implantadas nas erosões (KM 170).....	46
Figura 32 - Índice Pluviométrico (2010).....	60
Figura 33 - Índice Pluviométrico (2011).....	61
Figura 34 - Índice Pluviométrico (2012).....	62
Figura 35 - Índice Pluviométrico (2014).....	63
Figura 36 - Índice Pluviométrico (2015).....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação granulométrica das frações do solo.....	7
Quadro 2 - Resultados: Análise Granulométrica por Sedimentação	47
Quadro 3 - Obtenção da Umidade do Solo (BR 487 - KM 150 – Lado Esquerdo)	52
Quadro 4 - Obtenção da Umidade do Solo (BR 487 - KM 150 – Lado Direito)	52
Quadro 5 - Obtenção da Umidade do Solo (BR 487 - KM 157).....	52
Quadro 6 - Obtenção da Umidade do Solo (BR 487 - KM 161).....	52
Quadro 7 - Obtenção da Umidade do Solo (BR 487 - KM 170).....	52
Quadro 8 - Umidade Higroscópica (BR 487 - KM 150 – Lado Esquerdo)	53
Quadro 9 - Umidade Higroscópica (BR 487 – KM 150 - Lado Direito)	53
Quadro 10 - Umidade Higroscópica (BR 487 - KM 157)	53
Quadro 11 - Umidade Higroscópica (BR 487 - KM 161)	54
Quadro 12 – Umidade Higroscópica (BR 487 – KM 170).....	54
Quadro 13 – Granulometria: Sedimentação (BR 487 - KM 150 – Lado Esquerdo)...	55
Quadro 14 - Granulometria: Sedimentação(BR 487 - KM 150 – Lado Direito).....	55
Quadro 15 - Granulometria: Sedimentação(BR 487 - KM 157).....	56
Quadro 16 - Granulometria: Sedimentação(BR 487 - KM 161).....	56
Quadro 17 - Granulometria: Sedimentação(BR 487 - KM 170).....	57
Quadro 18 – Granulometria: Peneiramento(BR 487 - KM 150 – Lado Esquerdo).....	58
Quadro 19 - Granulometria: Peneiramento(BR 487 - KM 150 – Lado Direito)	58
Quadro 20 - Granulometria: Peneiramento(BR 487 - KM 157)	58
Quadro 21 - Granulometria: Peneiramento(BR 487 - KM 161)	59
Quadro 22 - Granulometria: Peneiramento(BR 487 - KM 170)	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo Geral	4
2.2 Objetivos Específicos	4
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
3.1 Impactos Ambientais	5
3.1.1 Definição de Erosão	5
3.1.2 Medidas de Controle de Erosões	6
3.2 Caracterização do Solo	6
3.2.1 Análise Granulométrica	7
3.2.2 Massa Específica	8
3.3 Índice Pluviométrico	9
4 MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS	10
4.1 Materiais	10
4.1.1 Materiais Empregados na Caracterização do Solo com Erosão	11
4.1.1.1 Determinação da Massa Específica das Partículas Sólidas do Solo.....	11
4.1.1.2 Análise Granulométrica dos Solos (DNER ME 051/1994).....	13
4.1.2 Materiais Utilizados para Obtenção do Índice Pluviométrico.....	15
4.1.3 Materiais Utilizados para Solucionar o Problema das Erosões	16
4.2 Métodos	17
4.2.1 Métodos empregados na Caracterização do Solo.....	17
4.2.1.1 Determinação da Massa Específica do Solo	17
4.2.1.2 Análise Granulométrica dos Solos (DNER ME 051/1994).....	19
4.2.2 Métodos Utilizados para Obtenção do Índice Pluviométrico.....	21
4.2.3 Métodos Utilizados para Solucionar o Problema das Erosões	22
5 APRESENTAÇÃO DAS DISCUSSÕES E RESULTADOS	23
5.1 Resultados	23
5.1.1 Resultados da Caracterização do Solo	23
5.1.1.1 Determinação da Massa Específica das Partículas Sólidas.....	23
5.1.1.2 Análise Granulométrica dos Solos (DNER ME 051/1994).....	25
5.1.2 Resultados do Índice Pluviométrico da Região com Erosão	31
5.1.3 Resultados Obtidos pela Solução da Empresa Responsável.....	32

5.2 Discussões	47
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	49
6.1 Conclusões	49
6.2 Sugestões para Pesquisas Futuras	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
APÊNDICE A – UMIDADE HIGROSCÓPICA PARA OBTENÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DO SOLO	52
APÊNDICE B – UMIDADE HIGROSCÓPICA PARA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR SEDIMENTAÇÃO	53
APÊNDICE C – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR SEDIMENTAÇÃO	55
APÊNDICE D – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO.....	58
APÊNDICE E – ALTURAS DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS	60

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução constante da sociedade, os impactos ambientais aumentam cada vez mais. Segundo a resolução Conama N°001 de janeiro de 1986, o impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

O planejamento e o estudo das obras rodoviárias são cada vez mais indispensáveis, pois tratam de obras de grande porte que geram impactos ambientais que podem tomar grandes dimensões caso não sejam previamente estudadas, prevenidas e controladas.

Portanto, no que se refere às implantações e melhorias das rodovias, é necessário um cuidado mais rigoroso com os impactos ambientais, já que estes não podem ser totalmente evitados. O DER (Departamento de Estradas de Rodagem) e a PRF (Polícia Rodoviária Federal) fiscalizam as empresas responsáveis pela construção, restauração e manutenção das estradas de rodagem, induzindo-as a minimizar os impactos ambientais e buscar pela melhor e mais viável conciliação entre a segurança do usuário e a geração do menor impacto ambiental possível.

Segundo Leinz e Leonardos (1971), erosão é o efeito combinado de todos os processos degradacionais terrestres, incluindo intemperismo, transporte, ação mecânica e química da água corrente, vento, gelo etc. As erosões são um dos passivos ambientais mais comuns e preocupantes, principalmente quando estão relacionadas às obras rodoviárias, pois além dos fatores degradativos relacionados às obras de engenharia em si (como dimensionamento ineficiente dos dispositivos de drenagem), ainda existem os fatores climáticos, como as precipitações que podem agravar os processos erosivos.

Este trabalho é um estudo de caso sobre as causas e as soluções adotadas nas erosões existentes em alguns pontos da BR 487 (PR). Neste estudo serão apresentados os resultados das realizações de ensaios de caracterização do solo destes pontos de erosão a fim de identificar suas possíveis causas, de modo a facilitar e possibilitar o desenvolvimento de técnicas eficientes para o controle deste grave impacto ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo de caso capaz de descrever os pontos de erosão existentes na rodovia BR-487, entre Campo Mourão (PR) e Tuneiras do Oeste (PR), e explicar as soluções adotadas e empregadas pela empresa responsável.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar os pontos onde as erosões estão localizadas na rodovia BR-487;
- Estudar o tipo de solo existente nos locais onde as erosões foram identificadas;
- Identificar os fatores que influenciaram o surgimento das erosões na rodovia BR-487 por meio de ensaios de caracterização dos solos e pela verificação do índice pluviométrico na região;
- Verificar os tipos de erosões identificados;
- Avaliar os tipos de solução e prevenção adotados e empregados pela empresa responsável.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Impactos Ambientais

Segundo o Artigo 1º da Resolução CONAMA Nº001, de 23 de janeiro de 1986, impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

3.1.1 Definição de Erosão

Conforme explica Assis *et al.* (2007), a erosão do solo é o processo de desagregação e transporte de terra pela ação de agentes erosivos como a água e o vento. Quando o agente erosivo é a água, a erosão é denominada Erosão Hídrica e se subdivide em:

- Laminar: é aquela que ocorre de maneira suave e uniforme em toda superfície do terreno;
- Sulco: corte pouco profundo no solo que surge com a concentração da água;
- Ravina: é o aprofundamento do sulco, podendo atingir vários metros;
- Voçoroca: é a última fase da erosão linear com participação ativa da água subterrânea;
- Pipping: é a erosão interna que evolui, regressivamente, na forma de tubo de drenagem.

Para o controle da erosão podem ser adotadas medidas de prevenção e correção, para diminuição da erosão e de seus efeitos ou para recuperar a área atingida.

A erosão natural das terras ocorre quando a ação da água das chuvas, atenuada pela cobertura vegetal, acontece lentamente. A aceleração dos processos erosivos ocorre quando a ocupação do território é iniciada pelo desmatamento e

seguida pelo cultivo de terras, implantação de estradas, assentamento e expansão de cidades, principalmente quando efetuada de modo inadequado.

Além da erosão natural existe a erosão antrópica ou acelerada, que é a erosão provocada pela ação do homem. É um tipo de erosão mais intensa e ocorre de maneira rápida, não permite a recuperação natural do solo e gera graves conseqüências.

Junto com as erosões ocorre a degradação parcial ou total de córregos, rios e lagos pela deposição da terra arrastada pelas enxurradas e cursos d'água durante o processo erosivo. Este assoreamento também pode soterrar casas, cercas e plantações (Assis *et al*, 2007).

3.1.2 Medidas de Controle de Erosões

Segundo Assis *et al.* (2007), a seguir serão descritas algumas formas de evitar ou conter as erosões conforme os locais em que elas são constatadas, relacionando-as ao que foi realizado no desenvolvimento deste trabalho:

Em estradas rurais ou vicinais é necessário realizar a instalação de saídas d'água e de caixas de infiltração.

Em rodovias é necessário construir sistemas de drenagem superficiais, implantar dissipadores de energia, fazer o correto lançamento d'água, proteger taludes com vegetação ou outro tipo de material.

Na construção de barragens deve-se manter a proteção do solo e drenagem adequada junto às vias de acesso e às áreas de construção, planejar a exploração da vegetação da área a ser inundada (Assis *et al*, 2007).

3.2 Caracterização do Solo

A seguir serão explanados alguns dos conceitos utilizados para a caracterização do solo existente nos pontos de erosão. Estes conceitos foram escolhidos com base nos ensaios realizados para o desenvolvimento do estudo que compõe este trabalho.

3.2.1 Análise Granulométrica

A granulometria do solo é uma de suas características mais estáveis, e é determinada por meio da análise granulométrica. A análise granulométrica tem a função de determinar a proporção relativa das classes de tamanho de partículas de um solo (areia, silte e argila), e pode conter partículas de mesma classe mineral. Essas classes de tamanho também podem ser chamadas de frações granulométricas, que representam uma classe de tamanho de partícula, definida por um limite superior e um inferior, de acordo com a escala adotada (Cooper, 2015).

A ABNT/ NBR 6502/ 1995 estabelece faixas de graduação para diferenciar as frações de solo. Estas faixas estão representadas no Quadro01:

Quadro 1 - Classificação granulométrica das frações do solo

Fração	Limites
Pedregulho	> 2mm
Areia grossa	0,6mm a 2,0mm
Areia média	0,20mm a 0,6mm
Areia fina	0,06mm a 0,2mm
Silte	0,002mm a 0,06mm
Argila	< 0,002mm

FONTE: ABNT/ NBR 6502 (1995).

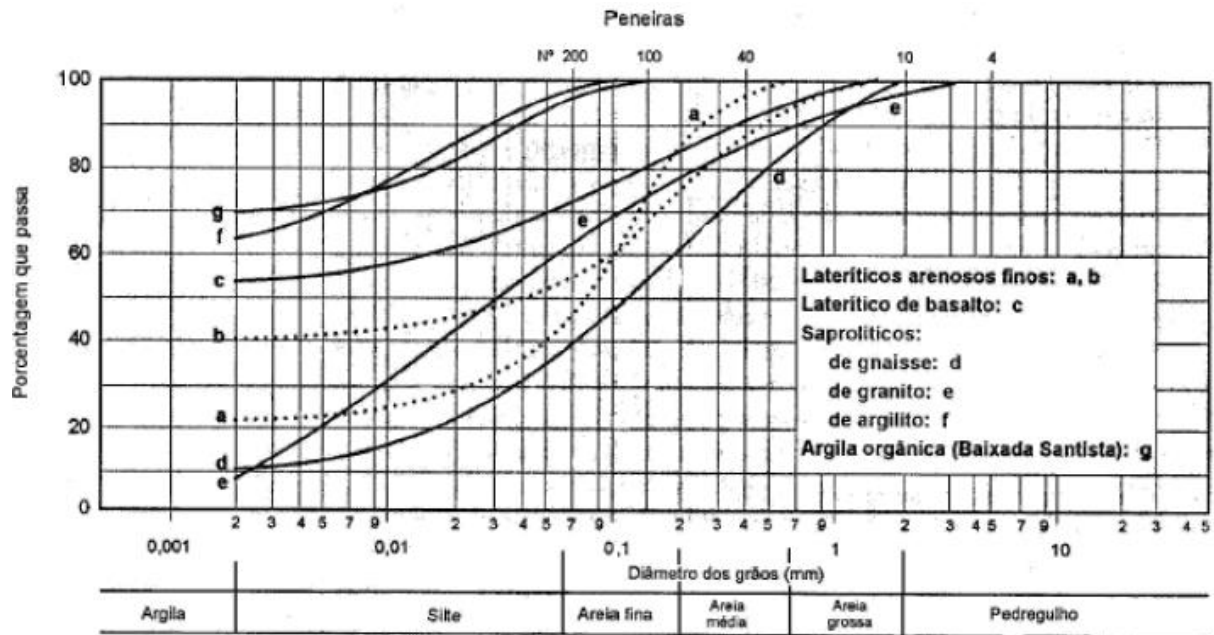
Gonçalves *et al.* (2014), explana que a análise granulométrica é composta de duas fases: peneiramento e sedimentação, e que para as areias puras basta o peneiramento.

O peneiramento é realizado por meio de uma série de peneiras com abertura de malha pela qual o solo será peneirado. O peso do material que passou em relação ao peso total é a percentagem que passa em cada peneira.

As partículas com diâmetros menores são determinados pelo processo de sedimentação do solo, onde este é colocado em uma proveta com solução dispersante e se mede a velocidade de quedas das partículas. É usado um densímetro para medir a variação da densidade do fluido com o tempo. Através da lei de Stokes calculam-se os diâmetros das partículas.

O resultado final obtido após os processos de peneiramento e/ou sedimentação é chamado de curva granulométrica. Na figura 01 pode-se observar a representação das curvas granulométricas de alguns solos (Gonçalves *et al.* 2014).

Figura 1 - Curvas Granulométricas de alguns Solos



FONTE: Pinto (2006).

3.2.2 Massa Específica

Conforme explica Almeida (2012), a massa específica é definida como a relação entre a massa dos grãos de um solo e o seu volume real. É uma característica física dos solos, e depende dos seus constituintes mineralógicos. A massa específica (ou densidade) do solo é obtida por meio da equação 01, e inclui o espaço poroso do solo:

$$\rho_s = \frac{M_s}{V} \quad \text{Eq. 01}$$

Onde:

ρ_s = Massa específica ou densidade do solo (em g/cm³, kg/dm³ ou t/m³);

M_s = Massa de solo seco (em g, kg ou t);

V = Volume total de solo (em cm³, dm³ ou m³).

3.3 Índice Pluviométrico

Conforme explica Carvalho et al. (2006), a quantidade de chuva incidente em determinada região é expressada pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. Esta quantidade é avaliada por medidas executadas em pontos previamente determinados por meio de pluviômetros ou pluviógrafos. As medidas são realizadas nos pluviômetros periodicamente, em intervalos de 24 horas. As grandezas características são:

- Altura pluviométrica: Lâmina d'água precipitada sobre uma área (medida em mm);
- Intensidade de precipitação: Relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação (medida em mm.h⁻¹ ou mm.min⁻¹);
- Duração: Período de tempo contado do início ao fim da precipitação (medido em h ou min).

Os pluviômetros mais comuns no Brasil são o Ville de Paris, que possui superfície receptora de 400 cm², e o Ville de Paris modificado, com 500 cm². Vale ressaltar que uma lâmina de 1 mm em uma superfície de 400 cm² corresponde a 40 cm³, ou seja, 40 mL. Na figura 02 é possível observar a representação de um pluviômetro.

Figura 2 - Pluviômetro



FONTE: Carvalho et al. (2006).

Os registros dos pluviógrafos permitem o estudo da relação entre intensidade, duração e frequência das precipitações, muito importantes para projetos de galerias pluviais e de enchentes em pequenas bacias hidrográficas. Os pluviógrafos

possuem uma superfície receptora de 200 cm² e o modelo mais usado no Brasil é o de sifão de fabricação Fuess. Um exemplo de pluviograma é pode ser observado na figura 03.

Figura 3 - Pluviógrafo



FONTE: Carvalho *et al.* (2006).

4 MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS

4.1 Materiais

Aqui serão descritos alguns dos materiais utilizados para a realização do estudo de caso sobre as possíveis causas das erosões existentes na BR 487 (PR) e as soluções implantadas pelo órgão responsável.

A localização da BR 487 está representada na figura 04:

Figura 4 - Localização da BR 487 (PR)



FONTE: Google Maps (2018).

4.1.1 Materiais Empregados na Caracterização do Solo com Erosão

Para se tornar possível a caracterização do solo onde foram constatados os pontos de erosão, foram realizados quatro tipos de ensaios. A seguir serão descritos os materiais utilizados para a realização destes.

4.1.1.1 Determinação da Massa Específica das Partículas Sólidas do Solo

Segundo Almeida (2012), a massa específica é a relação entre a massa dos grãos de um solo e o seu volume. É uma característica física dos solos, e depende dos seus constituintes mineralógicos.

Conforme a NBR 6508 (1984), para a determinação da massa específica do solo, deve-se considerar os grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm de abertura.

Os aparelhos (ou equipamentos) necessários utilizados para a realização deste ensaio foram os seguintes:

- Estufa;
- Aparelho de dispersão (Figura 05);

Figura 5 – Aparelho de Dispersão



FONTE: Autoria Própria (2017).

- Picnômetro (Figura 06);

Figura 6 - Picnômetro



FONTE: Autoria Própria (2017).

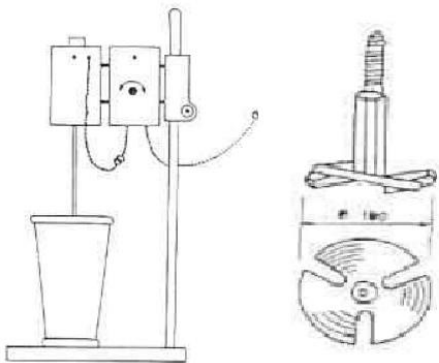
- Bomba de vácuo (chapa para aquecimento);
- Termômetro graduado em 0,1 °C;
- Balança;
- Funil de vidro;
- Conta gotas.

4.1.1.2 Análise Granulométrica dos Solos (DNER ME 051/1994)

Conforme prescreve a DNER ME 051/1994, os materiais utilizados para a determinação da curva granulométrica foram os seguintes:

- Aparelho de dispersão com hélices substituíveis e copo com chicanas ou outro dispositivo capaz de produzir dispersão eficiente das amostras. O aparelho de dispersão e as hélices substituíveis estão representados na figura 07:

Figura 7 - Aparelho de dispersão e Pormenor da Hélice



FONTE: DNER - ME 051 (1994).

- Peneiras de 50; 38; 25; 19; 9,5; 4,8; 2,0; 1,2; 0,6; 0,42; 0,30; 0,15 e 0,075 mm, inclusive tampa e fundo;
- Agitador para peneiras, com dispositivo para fixação desde uma peneira até seis, inclusive tampa e fundo;

Na figura 08 possível observar a representação das peneiras e do agitador para peneiras, respectivamente:

Figura 8 – Conjunto de Peneiras com Amostra de Solo



FONTE: Autoria Própria (2017).

- Proveta de vidro (45 cm de altura e 6,5 cm de diâmetro) graduada. Sua representação pode ser observada na figura 11.
- Estufa capaz de manter a temperatura entre 105°C e 110°C;
- Balança com capacidade de 1 kg, sensível a 0,1g;
- Balança com capacidade de 200 g, sensível a 0,01g;
- Cápsula de porcelana com capacidade de 500 ml;
- Densímetro de bulbo simétrico, calibrado a 20°C e graduado em 0,001 de 0,995 a 1,050.

Figura 9 - Proveta de Vidro Graduada



FONTE: Colorfoto (2018).

- Termômetro graduado com intervalo de 0,5°C, de 0°C a 5°C;
- Cronômetro para intervalo de tempo até 30 minutos com precisão de 1 segundo;
- Relógio de alarme para intervalo de tempo até 120 minutos com precisão de 1 minuto;
- Bécher de vidro com capacidade de 250 ml;

Portanto, estes foram os materiais necessários e utilizados para a determinação da curva granulométrica do solo onde foram constatados os pontos com erosão na BR-487 (PR).

4.1.2 Materiais Utilizados para Obtenção do Índice Pluviométrico

Um fator bastante agravante para o surgimento das erosões geralmente é o alto índice de precipitações.

Para obtenção do Índice Pluviométrico na região de constatação dos pontos de erosão considerados neste estudo, foram utilizados dados meteorológicos disponibilizados pelo Instituto das Águas do Paraná em locais próximos aos pontos de erosão estudados. Foram pesquisadas as alturas diárias de precipitação (mm) e analisado quais os dias e períodos com precipitações mais intensas.

4.1.3 Materiais Utilizados para Solucionar o Problema das Erosões

Para solucionar os problemas de erosão encontrados em alguns pontos da BR-487, a empresa responsável pela manutenção desta rodovia (DNIT) realizou alguns serviços. Foram eles:

- Terraplenagem;
- Drenagem;
- Recuperação Ambiental;
- Implantação de Manta Geotêxtil.

Para a realização destes serviços, foi necessária a utilização de alguns materiais.

Inicialmente, basicamente, para a realização da terraplenagem, lançou-se mão dos seguintes materiais:

- Escavadeira hidráulica;
- Rolo compactador para terraplanagem;
- Terra (solo com as mesmas características do solo existente no local a ser terraplanado).

Para ser possível implantar dispositivos de drenagem próximos aos pontos de erosão encontrados, os seguintes materiais foram necessários:

- Enrocamento de pedra jogada;
- Sarjeta trapezoidal de concreto tipo SZC – 01 (Concreto fck 15 MPa).

Já para a realização dos serviços de recuperação ambiental, foram necessários:

- Equipamento para realização de Hidrossemeadura: Máquina simples, equipada com tanque de água. O reservatório possui mistura de água,

sementes e mulch hidratado (fertilizantes e estrume). Este tanque é munido de bombas e mangueira. Na figura 10 pode-se observar a representação deste equipamento.

Finalmente, para a implantação da manta geotêxtil, os seguintes materiais foram utilizados:

- Manta geotextil (constituída por poliméricos como o polietileno e o policloreto de vinila).

4.2 Métodos

Neste capítulo estão descritos alguns dos métodos utilizados para a realização do estudo de caso sobre as possíveis causas das erosões existentes na BR 487 (PR) e as soluções implantadas pelo órgão responsável.

4.2.1 Métodos empregados na Caracterização do Solo

Para se tornar possível a caracterização do solo onde foram constatados os pontos de erosão, foram realizados quatro tipos de ensaios. A seguir serão descritos os métodos utilizados para a realização destes.

4.2.1.1 Determinação da Massa Específica do Solo

Para a execução do ensaio de Massa Específica do Solo, conforme explica o autor Almeida (2012) ao seguir a NBR 6508 (1984), foi necessário seguir os seguintes procedimentos:

1. Preparar 250 g da amostra de solo, segundo NBR 6457;
2. Homogeneizar e pesar (com resolução de 0,01 g) aproximadamente 50 g (se o solo for argiloso ou siltoso) ou 60 g (se o solo for arenoso) de amostra para balão de 500 cm³;

3. Colocar a solução homogeneizada com sua massa aferida em um recipiente e imergi-la em água destilada por 12 horas (essa massa aferida é chamada de M1);
4. Determinar a umidade higroscópica da amostra de solo;
5. Transferir amostra para o copo dispersor e agitar por 15 min.;
6. Transferir a amostra para o balão e colocar na chapa aquecedora por 30 min. (substituindo o vácuo);
7. Manter as amostras em banho-maria por 30 min. até obter equilíbrio com a temperatura ambiente;
8. Fazer uso de um conta-gotas para introduzir no nível da base do menisco na marca do balão;
9. Obter o valor da massa do conjunto do Balão, solo e água e determinar a temperatura (essa massa aferida é chamada de M2);
10. Fazer duas determinações por meio da equação 02 e tomar a média aritmética.

$$\rho_s \text{ [g]} = \frac{\left(M1 * \frac{100}{100+w}\right)}{\left(M1 * \frac{100}{100+w}\right) + M3 - M2} * \rho_{w,T} \quad \text{Eq. 02}$$

Onde:

M1 = Massa do solo úmido;

M2 = Massa do pcnometro + solo + água;

M3 = Massa do pcnômetro + água até a marca de referência.

w = umidade inicial da amostra;

$\rho_{w,t}$ = massa específica da água na temperatura de ensaio, T.

Na figura 10 é possível observar a representação da execução do ensaio para a determinação da massa específica acima descrita:

Figura 10 - Ensaio de Determinação da Massa Específica do Solo



FONTE: Aatoria Própria (2017).

4.2.1.2 Análise Granulométrica dos Solos (DNER ME 051/1994)

Para a execução do ensaio de Análise Granulométrica do Solo, conforme prescreve a norma DNER ME 051/1994, foi necessário seguir os seguintes procedimentos:

Inicialmente, a amostra para a execução deste ensaio será constituída por:

- Todo o material retido na peneira de 2,0 mm;
- Material que passa na peneira de 2,0 mm, do qual aproximadamente 10 g serão usados para determinação da umidade higroscópica e aproximadamente 120 g no caso de solos arenosos, ou ainda, aproximadamente 70 g utilizados para solos siltosos e argilosos para o ensaio de sedimentação.

Inicialmente, para realização da parte de Sedimentação deste ensaio, faz-se necessário determinar a umidade higroscópica do material por meio da equação 03:

$$h = \frac{P_h - P_s}{P_s} * 100 \quad \text{Eq. 03}$$

Onde:

h = Teor de umidade (em porcentagem);

P_h = Massa do material úmido;

P_s = Massa do material seco em estufa em temperatura entre 105°C e 110°C até obtenção de constância no valor da massa do material. Essas medidas são obtidas com aproximação de 0,01 g;

Pesa-se em um bécher, com aproximação de 0,1 g, 120 g de solo arenoso ou 70 g de solo siltoso e argiloso e agita-se até que todo o material fique perfeitamente molhado. Este material é então deixado em repouso por pelo menos 12 horas.

A mistura é introduzida no copo de dispersão e remove-se com água destilada todo o material aderido ao bécher. Adiciona-se água destilada até o nível fique 5 cm abaixo da borda do copo e finalmente submete-se a mistura à ação do aparelho de dispersão. O tempo de dispersão deve ser de 5, 10 ou 15 minutos e depende do índice de plasticidade do solo.

A dispersão é então transferida para a proveta e novamente deve-se remover com água destilada todo o material que tenha aderido ao corpo do dispersor. Deve-se inserir água destilada na proveta até que esta atinja o traço de 1000 ml, e coloca-se a proveta no banho. A solução é agitada com uma bagueta para manter as partículas em suspensão, e quando esta atinge a temperatura de equilíbrio, retira-se a proveta do banho e aplicam-se movimentos de rotação, pelos quais a boca da proveta passe de cima para baixo e vice-versa.

Finalizada a agitação, a proveta deve ser introduzida no banho e a hora do início da sedimentação deve ser anotada. O densímetro é então mergulhado cuidadosamente na suspensão. São feitas então, as leituras do densímetro (temperaturas) correspondentes aos tempos de sedimentação (30, 60 e 120 segundos), mantendo-o em suspensão. Após realização das leituras, o mesmo é retirado da suspensão e são feitas as demais leituras (nos tempos de 4,8,15 e 30 minutos, 1,4 e 25 horas) a partir do início da sedimentação e anota-se a temperatura da suspensão.

Finalizadas as leituras, o densímetro deve ser retirado e mergulhado em água à temperatura do banho. Aproximadamente de 15 a 20 minutos antes de cada leitura mergulha-se o densímetro na suspensão e fazem-se as leituras após obtenção do equilíbrio do densímetro.

Sequentemente, finalizada a parte da Sedimentação deste ensaio, dá-se início a etapa do Peneiramento.

O material necessário para o peneiramento é àquele proveniente do ensaio de sedimentação. A suspensão deve ser vertida e lavada com água potável, e na peneira de 0,075 mm, e todo material aderido à proveta deve ser removido com água.

A parte retida na peneira é secada em estufa à temperatura de 105°C a 110°C, até constância de peso. Sequentemente este material é passado nas peneiras de aberturas 1,2; 0,6; 0,42; 0,30; 0,15 e 0,075 mm, anotando-se, com aproximação de 0,1 g, as massas acumuladas em cada peneira.

Finalmente, afere-se a massado material retido na peneira com abertura de 2,0 mm e passa-se este material nas peneiras de aberturas 50; 38; 25; 19; 9,5; 4,8 e 2,0 mm. Novamente, anotam-se com aproximação de 0,1 g, os valores das massas retidas em cada peneira.

4.2.2 Métodos Utilizados para Obtenção do Índice Pluviométrico

Os dados pluviométricos da região onde foram constatados os pontos de erosão na BR-487 foram disponibilizados pelo Instituto das Águas do Paraná.

Estes dados foram obtidos por meio de monitoramento, análise e previsão de tempo e de clima, fundamentados em pesquisa aplicada e compartilhamento de conhecimento, com ênfase em resultados práticos e confiáveis.

O Instituto das Águas do Paraná elabora e divulga, diariamente a previsão do tempo, avisos e boletins meteorológicos especiais, promove estudos e levantamentos meteorológicos, coordena e opera as redes de observação meteorológicas e de transmissão de dados, propõe a programação e acompanha a implementação de capacitação e treinamento de recursos humanos, em atendimento a demandas técnicas específicas.

O Sistema de Coleta e Distribuição de Dados Meteorológicos do Instituto das Águas do Paraná mede temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, precipitação, entre outras variáveis por meio de estações de sondagem de ar superior (radiossonda), estações meteorológicas de

superfície operadas manualmente e por redes de estações automáticas. Os dados coletados pelas redes de estações automáticas são disseminados em tempo real.

Modelos físico-matemáticos de alta resolução são capazes de simular o comportamento futuro da atmosfera e permitem que os meteorologistas façam previsão de tempo com dias de antecedência, dentro de padrões internacionais. As imagens obtidas por satélites também são ferramentas utilizadas na previsão e no monitoramento de tempo.

4.2.3 Métodos Utilizados para Solucionar o Problema das Erosões

No mês de Fevereiro de 2016 foi constatada a existência de seis pontos de passivos ambientais na BR 487 (PR) entre as cidades de Campo Mourão e Tuneiras D'Oeste, que foram causados pelo escoamento superficial gerado pela chuva e que pela análise estrutural e quantitativa não se classificam como abrangidas pela manutenção rotineira (DNIT 2016).

Para solucionar os problemas de passivos ambientais foram implantados serviços de terraplenagem para caminho de serviço, escalonamento do talude, recomposição do corpo com aterro compactado, recobrimento vegetal do aterro recuperado e reconstrução da drenagem superficial.

5 APRESENTAÇÃO DAS DISCUSSÕES E RESULTADOS

5.1 Resultados

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos ensaios realizados para a obtenção da caracterização dos solos estudados, dos índices pluviométricos e das soluções implantadas pelo órgão responsável em alguns pontos de erosões existentes na BR-487 (PR).

5.1.1 Resultados da Caracterização do Solo

Para se tornar possível a caracterização do solo onde foram constatados os pontos de erosão, foram realizados quatro tipos de ensaios, e a seguir serão apresentados os resultados obtidos por meio deles.

5.1.1.1 Determinação da Massa Específica das Partículas Sólidas

Para determinar a massa específica dos solos existentes nos pontos de erosão deste estudo de caso foram utilizados os materiais descritos no item 4.1.1.1 e os métodos descritos no item 4.2.1.1 deste trabalho.

Primeiramente, para a obtenção da umidade do solo presente nas erosões, foi realizada a média aritmética da umidade proveniente da realização de três ensaios diferentes, conforme pode ser observado nos quadros do Apêndice A. As umidades obtidas na amostra do Km 161 foram de 0,74%, 0,66% e 0,75%, respectivamente.

Portanto, ao realizar a média aritmética dos três valores de umidade obtidos (0,74%; 0,66%; 0,75%), foi obtida uma umidade inicial média de 0,74%. Este valor médio é utilizado como umidade inicial nas duas determinações de massa específica. Assim, conforme descritos nos métodos de realização deste ensaio, foram feitas duas determinações por meio da equação 02 e obtidas a média

aritmética de massa específica. Para a amostra do Km 161, foram obtidos os seguintes valores:

- M1 = 60 g;
- M2 = 698,62 g;
- M3 = 661,76 g;
- w = 0,74% ;
- $\rho_{w,t} = 0,997 \text{ g/cm}^3$.

Assim, para a primeira amostra, de acordo com a equação 02 deste trabalho, obteve-se o seguinte valor para a massa específica do solo: $\rho_s = 2,59 \text{ g/cm}^3$.

Já para a segunda amostra de solo foram obtidos os seguintes valores:

- M1 = 60 g;
- M2 = 698,79g;
- M3 = 661,76g;
- w = 0,66%;
- $\rho_{w,t} = 0,9969 \text{ g/cm}^3$.

Assim, para a segunda amostra, de acordo com a equação 02 deste trabalho, obteve-se o seguinte valor para a massa específica do solo: $\rho_s = 2,6 \text{ g/cm}^3$.

Finalmente, por meio da média aritmética entre os dois valores de massa específica do solo determinados, foi obtido um valor de massa específica final do solo no valor de: $\rho_s = 2,59 \text{ g/cm}^3$.

No Km 150 L.E. foi obtido o valor de massa específica de $\rho_s = 2,59 \text{ g/cm}^3$.

No Km 150 L.D. foi obtido o valor de massa específica de $\rho_s = 2,53 \text{ g/cm}^3$.

No Km 157 foi obtido o valor de massa específica de $\rho_s = 2,65 \text{ g/cm}^3$.

No Km 170 foi obtido o valor de massa específica de $\rho_s = 2,67 \text{ g/cm}^3$.

Os cálculos da massa específica das amostras podem ser observados nos quadros do Apêndice A.

5.1.1.2 Análise Granulométrica dos Solos (DNER ME 051/1994)

A análise granulométrica dos solos foi realizada com material proveniente de diversos pontos da BR-487 (PR) que apresentavam indícios de processos erosivos. Os locais de recolhimento deste material foram os seguintes:

- KM 150 (lado esquerdo);
- KM 150 (lado direito);
- KM 157;
- KM 161;
- KM 170.

Conforme prescrito na metodologia da Análise Granulométrica de Solos, para cada ensaio, primeiramente foi realizada a parte da Sedimentação dos solos. Para que isto fosse possível, foi determinada a umidade higroscópica do material por meio da equação 03. Novamente, foram obtidas três umidades diferentes, e por meio delas foi obtida a média aritmética para a obtenção de uma umidade higroscópica final. Nos quadros de 08 a 12 do Apêndice B estão evidenciados os resultados da umidade higroscópica de cada ponto da BR-487 (PR) acima citados, respectivamente.

As três umidades higroscópicas obtidas no lado esquerdo do KM 150 da BR 487 foram de 8,9%, 6,2% e 3,6%, o que resultou em uma umidade higroscópica média de 6,2%. O ensaio completo para obtenção da umidade higroscópica neste ponto está representado no quadro 08 do Apêndice B.

As três umidades higroscópicas obtidas no lado direito do KM 150 da BR 487 foram de 6,5%, 6,6% e 6,9%, o que resultou em uma umidade higroscópica média de 6,6%. O ensaio completo para obtenção da umidade higroscópica neste ponto está representado no quadro 09 do Apêndice B.

As três umidades higroscópicas obtidas no KM 157 da BR 487 foram de 5,6%, 5,4% e 5,9%, o que resultou em uma umidade higroscópica média de 5,6%. O ensaio completo para obtenção da umidade higroscópica neste ponto está representado no quadro 10 do Apêndice B.

As três umidades higroscópicas obtidas no KM 161 da BR 487 foram de 8,5%, 8,4% e 8,0%, o que resultou em uma umidade higroscópica média de 8,3%. O ensaio completo para obtenção da umidade higroscópica neste ponto está representado no quadro 11 do Apêndice B.

As três umidades higroscópicas obtidas no KM 170 da BR 487 foram de 8,1%, 8,8% e 8,0%, o que resultou em uma umidade higroscópica média de 8,3%. O ensaio completo para obtenção da umidade higroscópica neste ponto está representado no quadro 12 do Apêndice B.

Assim que todas as umidades higroscópicas foram obtidas, deu-se início ao processo de análise granulométrica por sedimentação.

Nos quadros de 13 a 17 do Apêndice C estão evidenciados os resultados da análise granulométrica por sedimentação dos solos presentes nos pontos erosivos descritos neste estudo de caso, conforme a localização das amostras de material retirado para a realização dos ensaios.

Por meio do ensaio de granulometria por sedimentação, no lado esquerdo do KM 150 da BR 487, foi obtida uma porcentagem de solo passante de 21,1% no tempo final de 1440 minutos. Todos os resultados deste ensaio estão representados no quadro 13 do Apêndice C.

No lado direito do KM 150 da BR 487, foi obtida uma porcentagem de solo passante de 19,7% no tempo final de 1440 minutos. Todos os resultados deste ensaio estão representados no quadro 14 do Apêndice C.

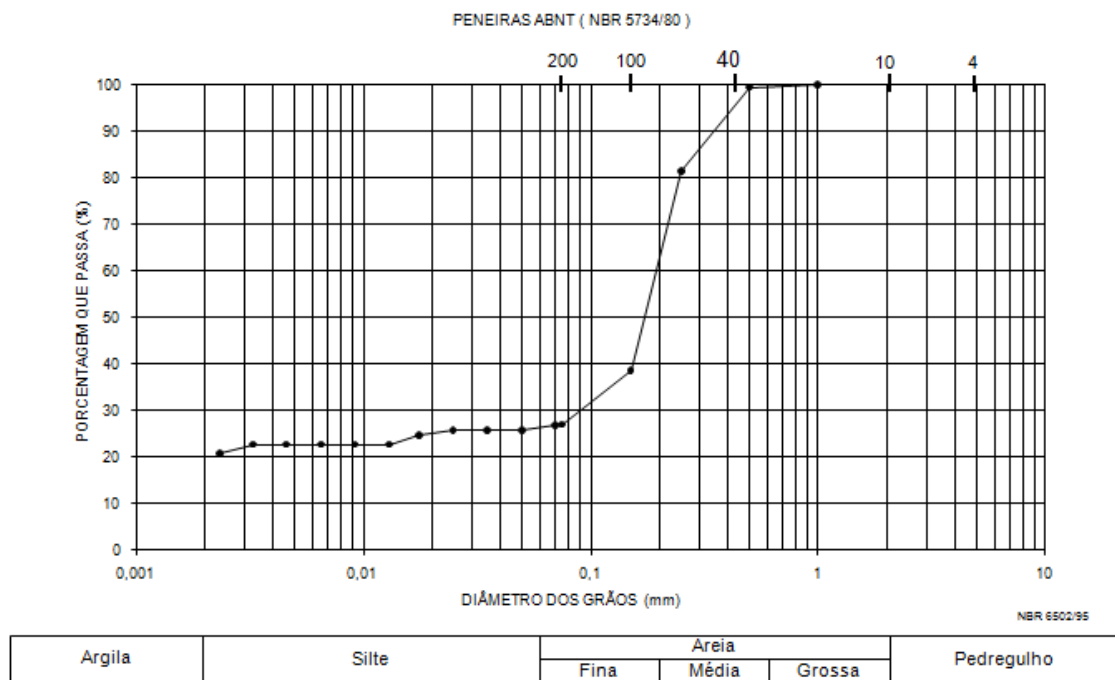
No KM 157 da BR 487, foi obtida uma porcentagem de solo passante de 9,3% no tempo final de 1440 minutos. Todos os resultados deste ensaio estão representados no quadro 15 do Apêndice C.

No KM 161 da BR 487, foi obtida uma porcentagem de solo passante de 13% no tempo final de 1440 minutos. Todos os resultados deste ensaio estão representados no quadro 16 do Apêndice C.

No KM 170 da BR 487, foi obtida uma porcentagem de solo passante de 30% no tempo final de 1440 minutos. Todos os resultados deste ensaio estão representados no quadro 17 do Apêndice C.

Sendo assim, finalizada a parte da Sedimentação deste ensaio, deu-se início a etapa do Peneiramento. Nos quadros de 18 a 22 do Apêndice D estão apresentados os resultados da análise granulométrica por peneiramento em todos

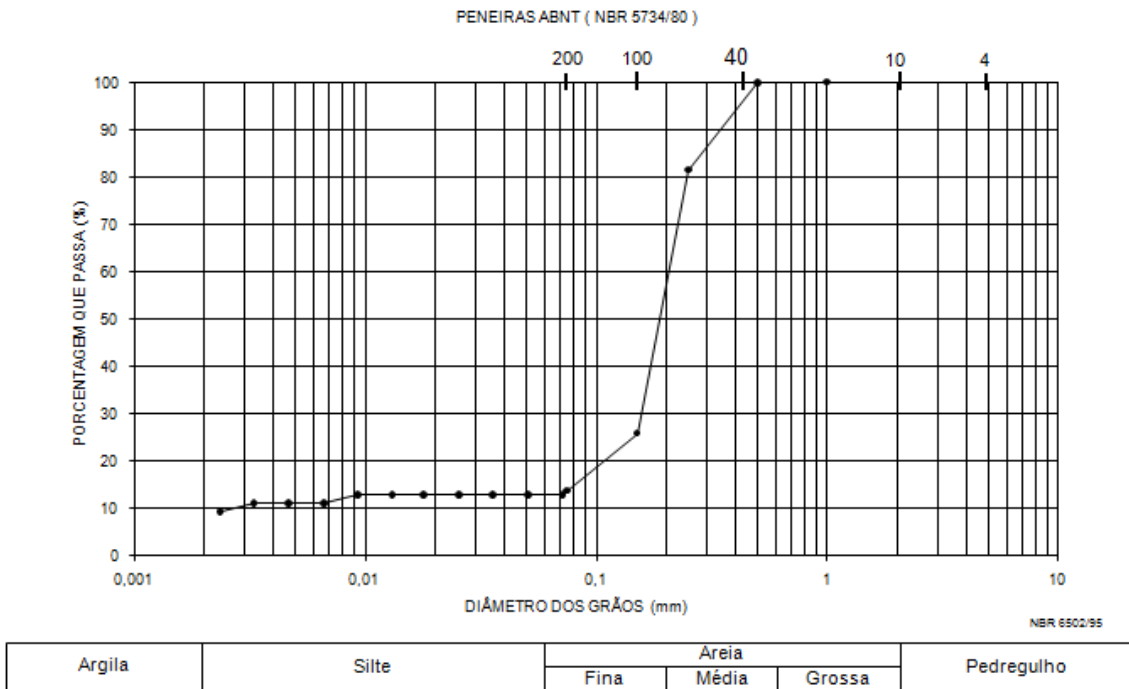
Figura 12 - Representação gráfica: Análise Granulométrica (BR 487 - KM 150 – Lado Direito)



FONTE: Autoria própria (2018).

No material coletado no KM 157 da BR 487, a porcentagem de material retido acumulado no prato (fundo) foi de 13,7%. Todos os resultados deste ensaio estão representados no quadro 20 do Apêndice D. A representação gráfica da análise granulométrica da amostra de solo coletada neste local pode ser observada na figura 13, onde podem ser observadas porcentagens de argila de 9,3%, de silte de 3,4% e porcentagens de areia fina de 43%, e de areia média de 44%. Os resultados destas porcentagens estão relacionados a um solo arenoso.

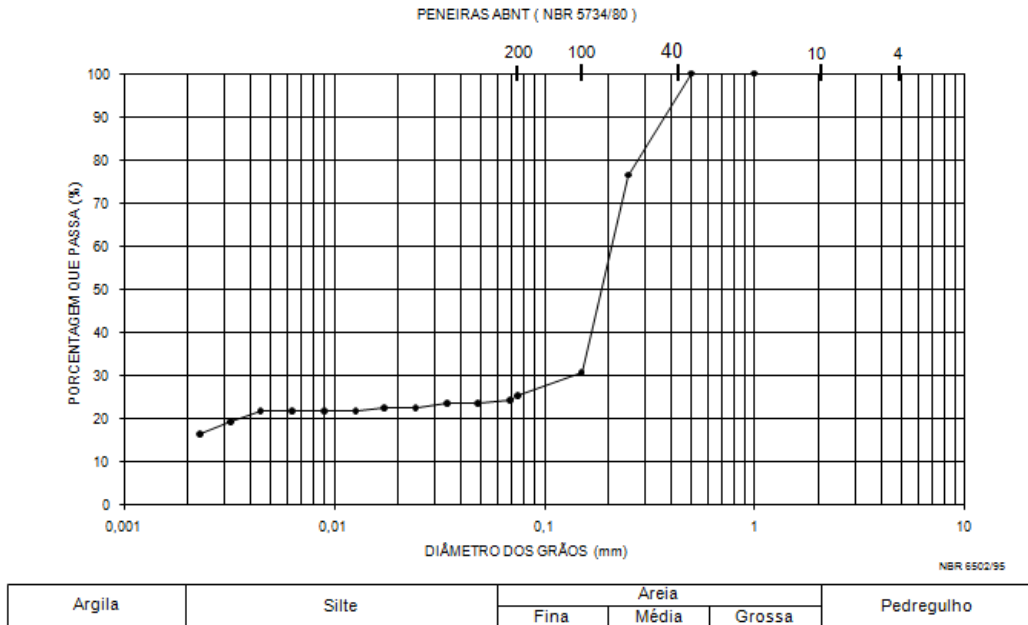
Figura 13 - Representação gráfica: Análise Granulométrica (BR 487 - KM 157)



FONTE: Autoria própria (2018).

No material coletado no KM 161 da BR 487, a porcentagem de material retido acumulado no prato (fundo) foi de 25,2%. Todos os resultados deste ensaio estão representados no quadro 21 do Apêndice D. A representação gráfica da análise granulométrica da amostra de solo coletada neste local pode ser observada na figura 14, onde podem ser observadas porcentagens de argila de 16,5% de silte de 7,8% e porcentagens de areia fina de 31%, e de areia média de 45%. Os resultados destas porcentagens estão relacionados a um solo arenoso.

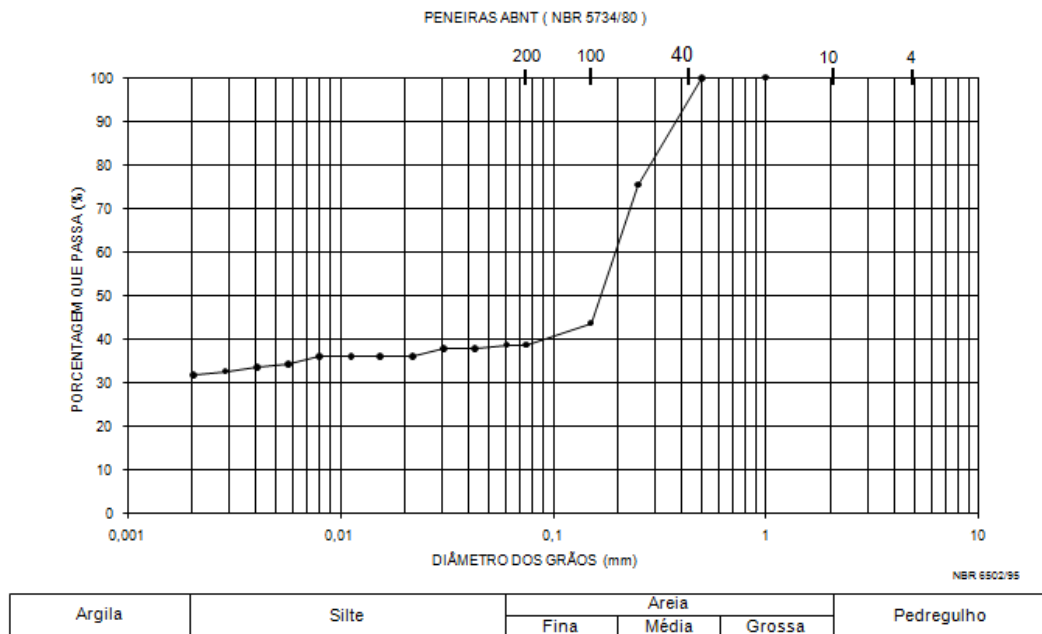
Figura 14 - Representação gráfica: Análise Granulométrica (BR 487 - KM 161)



FONTE: Autoria própria (2018).

No material coletado no KM 170 da BR 487, a porcentagem de material retido acumulado no prato (fundo) foi de 38,7%. Todos os resultados deste ensaio estão representados no quadro 22 do Apêndice D. A representação gráfica da análise granulométrica da amostra de solo coletada neste local pode ser observada na figura 15, onde podem ser observadas porcentagens de argila de 31,7%, de silte de 6,9%, e porcentagens de areia fina de 23% e de areia média de 39%. Os resultados destas porcentagens estão relacionados a um solo arenoso.

Figura 15 - Representação gráfica: Análise Granulométrica (BR 487 - KM 170)



FONTE: Autoria própria (2018).

Nos resultados da análise granulométrica acima descritos estão evidenciadas as porcentagens retidas em cada peneira individualmente, assim como em conjunto, (quadros), além da porcentagem de material passante em cada uma delas (quadros e figuras).

5.1.2 Resultados do Índice Pluviométrico da Região com Erosão

Conforme descrito no item 4.1.2 deste trabalho, para a obtenção do Índice Pluviométrico na região de constatação dos pontos de erosão considerados neste estudo, foram utilizados dados meteorológicos disponibilizados pelo Instituto das Águas do Paraná próximos aos pontos de erosão. Foram utilizados os índices meteorológicos de 2010 à 2015, considerando os dias com maiores alturas de precipitação (mm).

Nas figuras do Apêndice E é possível observar a representação dos resultados das precipitações diárias referentes ao período de 2010 à 2015.

Na figura 16, podemos observar um resumo com as precipitações mensais no período de 2010 à 2015.

Figura 16 – Resumo das Precipitações

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total por Ano
2010	177,7	203,1	116,6	101,6	132,8	27,6	37,2	9,7	119,5	165,4	134,3	275,9	1.501,40
2011	65,2	155,1	64,3	111,2	16,3	116,1	168,5	139,7	52,8	210,0	173,0	49,3	1.321,50
2012	218,4	89,8	98,4	201,3	108,2	151,9	69,0	3,6	30,5	115,8	76,0	204,1	1.367,00
2013	111,6	240,6	332,9	63,5	162,9	348,6	51,8	10,5	47,7	228,5	116,2	114,8	1.829,60
2014	124,4	78,6	151,5	119,2	185,5	275,7	113,8	32,3	162,9	46,0	176,9	160,2	1.627,00
2015	106,0	113,2	70,3	42,2	264,4	46,6	437,9	48,1	263,5	179,6	401,0	299,9	2.272,70

FONTE: Autoria própria (2018).

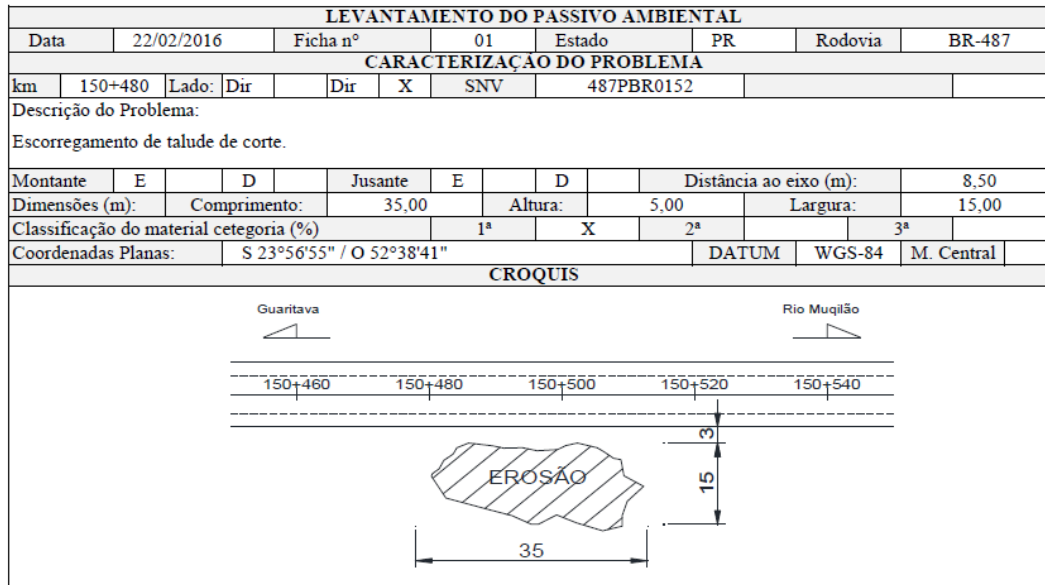
Conforme pode ser observado nas representações gráficas apresentadas acima e no Apêndice Eêndice E, o ano com maior índice de precipitação foi 2015, ano que ocorreram uma evolução significativa nas erosões em questão. Sendo assim, pode-se dizer que as chuvas, especialmente no período de setembro à dezembro de 2015, foram as que mais contribuíram para o agravamento dos processos erosivos nos pontos descritos neste estudo de caso.

5.1.3 Resultados Obtidos pela Solução da Empresa Responsável

Inicialmente, os problemas de pontos de erosão da BR 487 (PR) foram identificados pelo órgão responsável (DNIT). Foram constatados 6 (seis) diferentes pontos que apresentavam indícios de processos erosivos. Nas figuras de 17 a 21 é possível observar a representação dos levantamentos realizados em cada um dos pontos com erosão, assim como a descrição dos problemas encontrados em cada um deles.

Na figura 17 está representado o levantamento do passivo ambiental, a caracterização do problema e os croquis da erosão constatada no lado direito do KM 150+480 da BR 487 (PR).

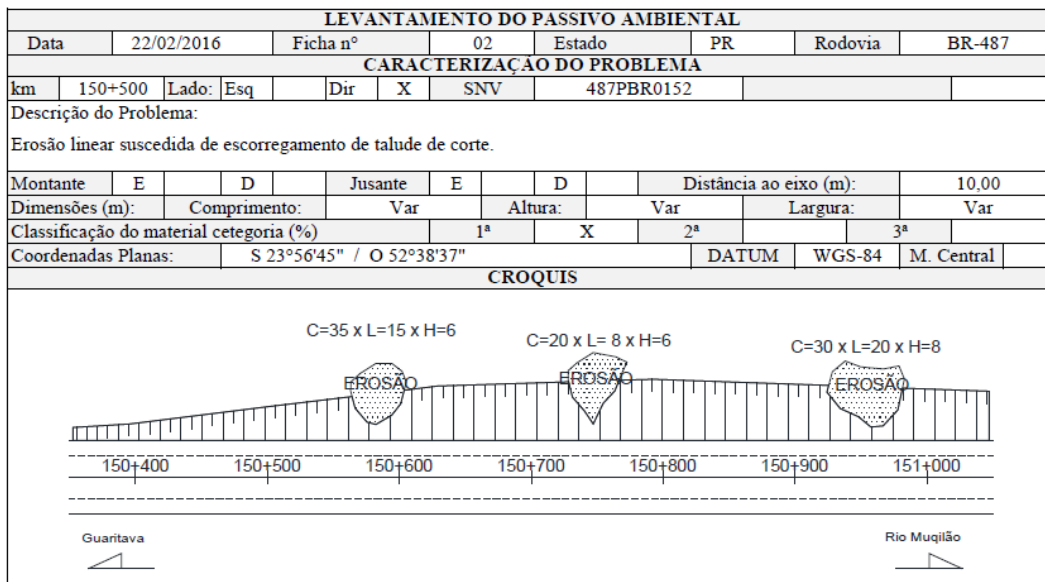
Figura 17 - Levantamento dos problemas de erosão (Lado Direito, KM 150+480)



FONTE: DNIT (2016).

Na figura 18 está representado o levantamento do passivo ambiental, a caracterização do problema e os croquis da erosão constatada no lado esquerdo do KM 150+500 da BR 487 (PR).

Figura 18 - Levantamento dos problemas de erosão (Lado Esquerdo, KM 150+500)



FONTE: DNIT (2016).

Na figura 19 está representado o levantamento do passivo ambiental, a caracterização do problema e os croquis da erosão constatada no lado esquerdo do KM 157+930 da BR 487 (PR).

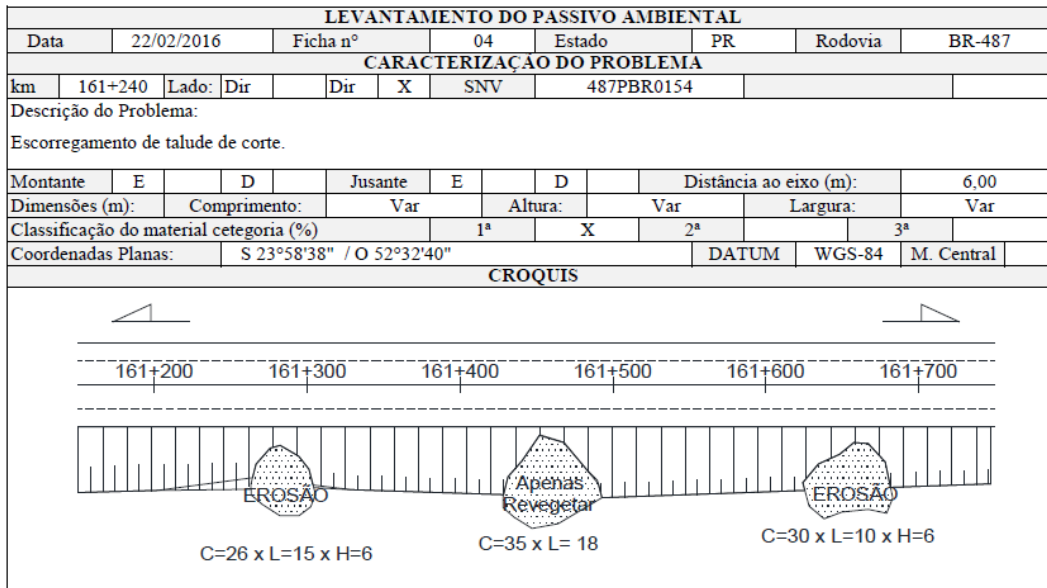
Figura 19 - Levantamento dos problemas de erosão (Lado Esquerdo, KM 157+930)

LEVANTAMENTO DO PASSIVO AMBIENTAL											
Data	22/02/2016		Ficha n°	03		Estado	PR		Rodovia	BR-487	
CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA											
km	157+930	Lado:	Esq	X	Dir		SNV	487PBR0154			
Descrição do Problema:											
Erosão linear suscitada de escorregamento de talude de aterro.											
Montante	E	X	D		Jusante	E		D	X	Distância ao eixo (m):	5,50
Dimensões (m):	Comprimento:		35,00		Altura:		4,00		Largura:		15,00
Classificação do material categoria (%)					1ª		X		2ª		3ª
Coordenadas Planas:		S 23°58'0.2" / O 52°34'29"					DATUM		WGS-84	M. Central	
CROQUIS											

FONTE: DNIT (2016).

Na figura 20 está representado o levantamento do passivo ambiental, a caracterização do problema e os croquis da erosão constatada no lado direito do KM 161+240 da BR 487 (PR).

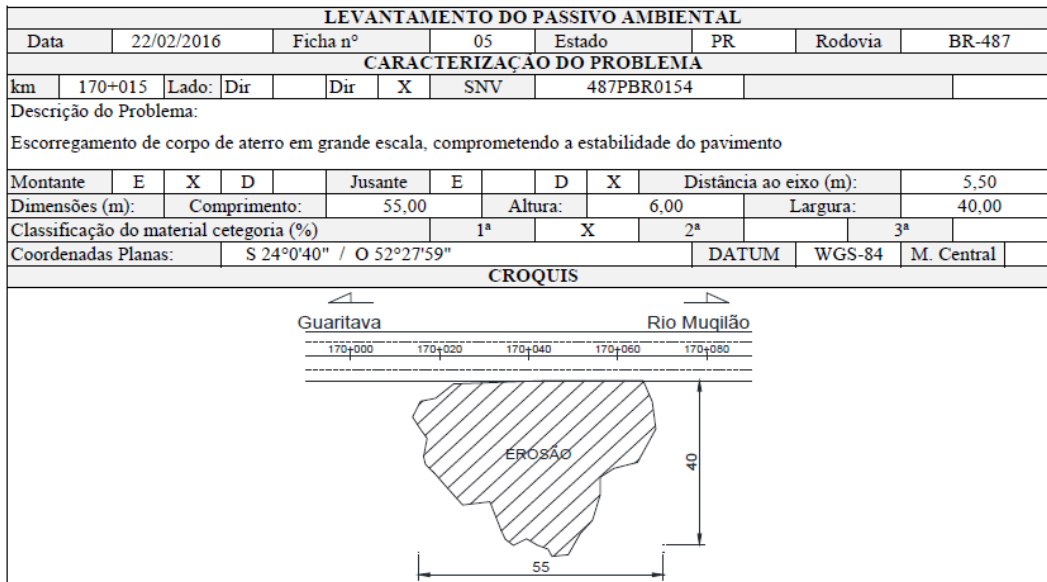
Figura 20 - Levantamento dos problemas de erosão (Lado Direito, KM 161+240)



FONTE: DNIT (2016).

Na figura 21 está representado o levantamento do passivo ambiental, a caracterização do problema e os croquis da erosão constatada no lado direito do KM 170+015 da BR 487 (PR).

Figura 21 - Levantamento dos problemas de erosão (Lado Direito, KM 170+015)



FONTE: DNIT (2016).

Para solucionar os problemas de erosão encontrados em alguns pontos da BR-487, foi realizada a terraplanagem para caminho de serviço, escalonamento do talude, recomposição do corpo por meio de aterro compactado e recobrimento vegetal, além da reconstrução da drenagem superficial. Sendo assim, basicamente, a empresa responsável pela manutenção desta rodovia realizou os seguintes serviços:

- Terraplenagem;
- Drenagem;
- Recuperação Ambiental;
- Implantação de Manta Geotêxtil.

Para executar os serviços de terraplanagem e de drenagem, conforme explica Umarizal (2007), foi necessário respeitar os seguintes procedimentos, conforme a especificação de uso do local a ser terraplanado:

1. **Escavação:** É o ato de se escavar a terra. Toda a topografia natural do terreno é rebaixada para a cota pré determinada em projeto. A escavação pode ser com ou sem remoção de terra. Na escavação com remoção de terra, a terra é escavada e carregada em caminhões basculantes que transportam o material para Aterros ou Bota-Foras. Já na escavação sem remoção de terra, a terra é escavada onde a topografia está acima das cotas do projeto, e é utilizada no aterro das áreas onde o nível do terreno está abaixo das cotas do projeto.
2. **Aterro:** É o ato de aterrar determinado local, por meio do uso, preferencialmente, de terra vermelha, devido ao seu melhor rendimento no trabalho de compactação do aterro, para que as áreas abaixo da cota do projeto possam ser elevadas. O aterro pode ser com ou sem importação de terra. É necessária a importação de terra quando no próprio terreno não há material suficiente para atingir as cotas do projeto por meio do aterro. Realiza-se, assim, importação de terra oriunda de outro terreno (geralmente quando a remoção de terra neste terreno é necessária). O aterro sem importação de terra é aquele em que, no próprio terreno há a disponibilidade de terra. Esta terra é obtida por meio de “corte” e “compensação”.

3. **Compactação do Solo:** É necessário sempre que há o Aterro em determinado local. Consiste em compactar o solo por meio do Rolo Compactador (conhecido como pé de carneiro), que comprime o solo com seu peso e vibração para torná-lo suficientemente firme e resistente. Geralmente, a compactação é realizada em camadas. Primeiramente é realizado um pequeno aterro de no máximo 20 cm de altura e caso a terra esteja seca, esta é umedecida por um caminhão-pipa. No caso da terra estar muito úmida, ela é seca por meio de um equipamento chamado de Grade. Somente após estas etapas é que o rolo compactador é utilizado. A partir de então, para atingir a cota necessária, são feitas tantas camadas quantas forem necessárias.
4. **Troca de Solo:** Esta técnica é utilizada quando a consistência do solo original não é firme o suficiente para suportar a carga da futura edificação. Deve ser realizado estudo do solo por meio de Sondagem (remoção de amostras de solos para estudo laboratorial) para definição de quantos metros abaixo da topografia original deverá ser feita a escavação. Após remoção do solo inconsistente, é realizado o processo de aterro com compactação para adequação do terreno às cotas exigidas no projeto. No entanto, cabe ressaltar que no caso deste trabalho, não foi necessário realizar a troca de solo.
5. **Drenagem de Solo:** Em terrenos onde há a incidência de muita umidade, é realizada a drenagem por meio da criação de canais, que são valas de nível mais baixo que a cota do restante do terreno, em locais para escoamento da água. Quando a origem da umidade vem da nascente, é necessário respeitar um raio de aproximadamente 50 m de distância da mesma e criar um canal que desvie a água para longe do local da construção. Já se a origem da umidade é de águas pluviais (presenciado neste estudo de caso), recomenda-se inclinar suavemente o terreno para que a água escoe com mais facilidade. Além disso, aconselha-se criar um canal adjacente à parte mais baixa do terreno para escoamento da água. Neste caso, para este escoamento foram implantados o enrocamento de pedra jogada e a sarjeta trapezoidal de concreto tipo SZC – 01, com concreto de $f_{ck} = 15 \text{ MPa}$.
6. **Prevenção de Erosão:** Em solos sedimentares, de composição arenosa, taludes e terrenos de topografia em aclive ou declive, é comum a incidência de erosões ocasionadas pela ação de fortes chuvas. A técnica mais utilizada

para a prevenção de erosões é a criação de curvas de nível, pois impede que a água crie velocidade e desagregue o solo levando consigo sedimentos e abrindo valas (as erosões). Vale ressaltar que quanto menor for a inclinação, maior o espaçamento permitido entre as curvas de nível.

Para executar os serviços de recuperação ambiental, foi realizada a hidrossemeadura, e foi necessário seguir os seguintes procedimentos:

Primeiramente foi realizado o lançamento líquido de emulsão contendo sementes de gramíneas e leguminosas, condicionador aglutinante (adesivo), fertilizantes, adubo orgânico e mulch.

O solo foi preparado pela realização de pequenas covas rasas para promover o rompimento da fina camada de solo endurecida que dificulta a penetração das primeiras raízes. Essas covas também promovem a proteção do arraste dos insumos que serão lançados posteriormente em sua superfície.

Após execução das covas, foi feito o lançamento da mistura por meio de equipamento específico, que possui bomba e agitador mecânico.

Para a hidrossemeadura, as sementes devem ser de primeira qualidade, obtidas em campos de produção com comprovada qualidade e geneticamente proveniente de plantas resistentes a pH baixos, pouca fertilidade e umidade. Deve ser fiscalizada pelo Ministério da Agricultura, com valor cultural reconhecido e certificado.

O valor cultural das sementes é um parâmetro utilizado para calcular a quantidade de sementes necessárias em um plantio, além de indicar a qualidade das sementes. Este valor mostra a porcentagem de sementes puras e viáveis existentes em determinada amostra de semente e é calculado por meio da equação 06:

$$\%VC = \frac{\%Pureza * \%Germinação}{100}$$

Eq. 06

Na representação da figura 22 é possível observar o passo a passo da execução da implantação de vegetação por meio da hidrossemeadura. É possível observar o preparo manual do terreno com área degradada (a); Caminhão de hidrossemeadura e aplicação da mistura em taludes de corte em áreas degradadas

(b); Aplicação da mistura em área de talude já escarificado (c); Aplicação de hidrossemeadura em área degradada (d); Taludes já revegetados por meio da hidrossemeadura (e).

Figura 22 - Passo a passo: Hidrossemeadura



FONTE: Freitas et al. (2003).


Mesmo após a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas, ainda é necessário seguir os seguintes procedimentos:

- Detectar possíveis falhas de lançamento da mistura;
- Detectar falhas de germinação, decorrentes do carreamento de materiais;
- Realizar a reaplicação nas áreas que apresentarem falhas;
- Combater a pragas (insetos, fungos, etc.);
- Realizar fertilizações ricas em nitrogênio.

Nas figuras de 23 a 27 é possível observar a solução empregada em cada ponto de erosão, além dos quantitativos para erradicação do passivo ambiental. Para desenvolvimento destas soluções, também são apresentados os memoriais de cálculo para cada um destes pontos.

Na figura 23 é possível observar a solução proposta e os quantitativos para erradicação do passivo ambiental, além do memorial de cálculo com descrição e quantificação dos serviços realizados para sanar os problemas de erosão no lado direito do KM 150+480 da BR 487.

Figura 23 – Soluções implantadas nas erosões (Lado Direito, KM 150+480)



SOLUÇÃO PROPOSTA E QUANTITATIVOS PARA ERRADICAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL									
Terraplenagem para caminho de serviço, escalonamento do talude, recomposição do corpo com aterro compactado. Recobrimento vegetal do aterro recuperado, reconstrução da drenagem superficial.									
MEMÓRIA DE CÁLCULO:									
Descrição do Serviço	Unid	Quantidade	Km inicial	Km Final	Lado	Comp	Larg	Altura	
Terraplenagem									
Esc. carga tr. mat 1a c/escavadeira 200 m a 400m	m3	3.281,25	150.700	150.900	D	200,00	4,10	4,00	
Compactação de aterros 100% proctor normal	m3	2.625,00	150.480	150.515	D	35,00	15,00	5,00	
Drenagem									
Enrocamento de pedra jogada	m3	150,00	150.485	150.505	D	20,00	15,00	0,50	
Sarjeta trapezoidal de concreto tipo SZC-01 (concreto fck 15 mpa)	m	25,00	150.485	150.510	D	25,00			
Rec ambiental									
Enlevamento	m2	455,000	150.480	150.515	D	35,00	12,00	5,00	
Hidrossemeadura	m2	840,00	150.700	150.900	D	200,00	4,20		
Manta geotextil									
Manta geotextil (a ser aplicada sobre o enrocamento antes do lançamento do aterro)	m2	300,000	150.485	150.505	D	20,00	15,00		

FONTE: DNIT (2016).

Na figura 24 é possível observar a solução proposta e os quantitativos para erradicação do passivo ambiental, além do memorial de cálculo com descrição e quantificação dos serviços realizados para sanar os problemas de erosão no lado esquerdo do KM 150+500 da BR 487.


Figura 24 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Esquerdo, KM 150+500)

SOLUÇÃO PROPOSTA E QUANTITATIVOS PARA ERRADICAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL								
Terraplenagem para caminho de serviço, escalonamento do talude e recomposição com aterro compactado. Recobrimento vegetal do talude recuperado e reconstrução da drenagem superficial.								
MEMÓRIA DE CÁLCULO:								
Descrição do serviço	Unid	Quantidade	Km inicial	Km Final	Lado	Comp	Larg	Altura
Terraplenagem								
Esc. carga tr. mat 1a c/escavadeira 200 m a 400m	m3	11.137,500	150.900	151.400	D	500,00	5,57	4,00
Compactação de aterros 100% proctor normal	m3	8.910,000	150.500	151.100	E	85,00	8 a 20	6 a 8
Drenagem								
Enrocamento de pedra jogada	m3	642,500	150.500	151.100	E	85,00	8 a 20	6 a 8
Valeta protaterros c/revest. vegetal - VPA 01	m	600,000	150.500	151.100	E	600,00		
Restaur. de disp. danif. com concr. fck= 15 mpa	m3	183,600	150.500	151.100	E	600,00		
Rec ambiental								
Enleivamento	m2	1.330,880	150.500	151.100	E	85,00	8 a 20	6 a 8
Hidrossemeadura	m2	2.800,000	150.900	151.400	D	500,00	5,60	
Manta geotextil								
Manta geotextil (a ser aplicada sobre o enrocamento antes do lançamento do aterro)	m2	280,000	150.500	151.100	E	85,00	12,00	

FONTE: DNIT (2016).

Na figura 25 é possível observar a solução proposta e os quantitativos para erradicação do passivo ambiental, além do memorial de cálculo com descrição e quantificação dos serviços realizados para sanar os problemas de erosão no lado esquerdo do KM 157+930 da BR 487.

Figura 25 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Esquerdo, KM 157+930)



SOLUÇÃO PROPOSTA E QUANTITATIVOS PARA ERRADICAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL									
Terraplenagem para caminho de serviço, escalonamento do talude, recomposição do corpo com aterro compactado. Recobrimento vegetal do aterro recuperado, reconstrução da drenagem superficial.									
MEMÓRIA DE CÁLCULO:									
Descrição do serviço	Unid	Quantidade	Km inicial	Km Final	Lado	Comp	Larg	Altura	
Terraplenagem									
Esc. carga tr. mat 1a c/escavadeira 200 m a 400m	m3	2.625,000	157.400	157.650	D	250,00	3,50	3,00	
Compactação de aterros 100% proctor normal	m3	2.100,000	157.920	157.955	E	35,00	15,00	4,00	
Drenagem									
Enrocamento de pedra jogada	m3	150,000	157.925	157.945	E	20,00	15,00	0,50	
Sarjeta trapezoidal de concreto tipo SZC-01 (concreto fck 15 mpa)	m	35,000	157.920	157.955	E	35,00			
Corpo BSTC d=0,60m AC/BC/PC	m	8,000	157.955		E				
Boca BSTC d=0,60 m normal AC/BC/PC	u	1,000	157.955		E				
Dissipador de energia, DEB 03 AC/BC/PC (aplic. ao BSTC e 60)	und	1,000	157.955		E				
Rec ambiental									
Enlevamento	m2	543,340	157.920	157.955	E	35,00	15,00	4,00	
Hidrossemeadura	m2	875,000	157.400	157.650	D	250,00	3,50		
Manta geotêxtil									
Manta geotêxtil (a ser aplicada sobre o enrocamento antes do lançamento do aterro)	m2	300,000	157.925	157.945	E	20,00	15,00		

FONTE: DNIT (2016).

Na figura 26 é possível observar a solução proposta e os quantitativos para erradicação do passivo ambiental, além do memorial de cálculo com descrição e quantificação dos serviços realizados para sanar os problemas de erosão no lado direito do KM 161+240 da BR 487.


Figura 26 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Direito, KM 161+240)

SOLUÇÃO PROPOSTA E QUANTITATIVOS PARA ERRADICAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL									
Terraplenagem para caminho de serviço, escalonamento do talude e recomposição com aterro compactado. Recobrimento vegetal do aterro recuperado, reconstrução da drenagem superficial.									
MEMÓRIA DE CÁLCULO:									
Descrição do serviço	Unid	Quantidade	Km inicial	Km Final	Lado	Comp	Larg	Altura	
Terraplenagem									
Escartan mat 1a cat dmt 3000-5000m c/e	m3	5.175,000	157.650	158.200	D	550,00	3,14	3,00	
Compactação de aterros 100% proctor normal	m3	4.140,000	161.240	161.680	D	56,00	10 a 15	6 a 8	
Drenagem									
Enrocamento de pedra jogada	m3	345,000	161.240	161.680	D	56,00	10 a 15	0,50	
Valeta protaterros c/revest. vegetal - VPA 01	m	440,000	161.240	161.680	D	440,00			
Restaur. de disp. danif. com concr. fck= 15 mpa	m3	134,640	161.240	161.680	D	440,00			
Dissipador de energia, DEB 03 AC/BC/PC (aplic. ao BSTC ø 60)	und	1,000	157.955		D				
Rec ambiental									
Enlevamento	m2	1.443,160	161.240	161.680	D	91,00	10 a 18	6 a 8	
Hidrossemeadura	m2	1.760,000	157.650	158.200	D	550,00	3,20		
Manta geotextil									
Manta geotextil (a ser aplicada sobre o enrocamento antes do lançamento do aterro)	m2	672,000	161.240	161.680	D	56,00	10 a 15		

FONTE: DNIT (2016).

Na figura 27 é possível observar a solução proposta e os quantitativos para erradicação do passivo ambiental, além do memorial de cálculo com descrição e quantificação dos serviços realizados para sanar os problemas de erosão no lado direito do KM 170+015 da BR 487.

Figura 27 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Direito, KM 170+015)



SOLUÇÃO PROPOSTA E QUANTITATIVOS PARA ERRADICAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL								
Terraplenagem para caminho de serviço, escalonamento do talude, recomposição do corpo com aterro compactado. Recobrimento vegetal do aterro recuperado, reconstrução da drenagem superficial.								
MEMÓRIA DE CÁLCULO:								
Descrição do serviço	Unid	Quantidade	Km inicial	Km Final	Lado	Comp	Larg	Altura
Terraplenagem								
Escarpar mat 1a cat dmt 3000-5000m c/e	m3	16.500,000	172.850	173.200	A	350,00	7,86	6,00
Compactação de aterros 100% proctor normal	m3	13.200,000	170.015	170.070	D	55,00	40,00	6,00
Drenagem								
Enrocamento de pedra jogada	m3	400,000	170.030	170.050	D	20,00	40,00	0,50
Sarjeta trapezoidal de concreto tipo SZC-01 (concreto fck 15 mpa)	m	70,000	170.010	170.080	D	70,00		
Corpo BSTC d=0,80m AC/BC/PC	m	6,000	170.037		D	6,00		
Boca BSTC d=0,80m normal AC/BC/PC	und	1,000	170.037		D			
Dissipador de energia, DEB 03 AC/BC/PC (aplic. ao BSTC ø 60)	und	1,000	170.037		D			
Rec ambiental								
Enleivamento	m2	2.224,610	170.015	170.070	D	55,00	40,00	6,00
Hidrosemeadura	m2	2.765,000	172.850	173.200	A	350,00	7,90	
Manta geotextil								
Manta geotextil (a ser aplicada sobre o enrocamento antes do lançamento do aterro)	m2	800,000	170.030	170.050	D	20,00	40,00	

FONTE: DNIT (2016).

Nas figuras de 28 a 31 é possível observar o “depois” da solução empregada nos KM’s 150 (lado direito e lado esquerdo), 157 e 170.

Na figura 28 é possível observar a solução empregada no lado direito do KM 150+480 da BR 487 e a erradicação dos problemas de erosão deste ponto.

Na figura 29 é possível observar a solução empregada no lado esquerdo do KM 150+500 da BR 487 e a erradicação dos problemas de erosão deste ponto.

Figura 28 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Direito, KM 150+480)



FONTE: Autoria Própria (2018).

Figura 29 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Esquerdo, KM 150+500)



FONTE: Autoria Própria (2018).

Na figura 30 é possível observar a solução empregada no lado esquerdo do KM 157+930 da BR 487 e a erradicação dos problemas de erosão deste ponto.

Figura 30 - Soluções implantadas nas erosões (Lado Esquerdo, KM 157+930)



FONTE: Autoria Própria (2018).

Na figura 31 é possível observar a solução empregada no KM 170 da BR 487 e a erradicação dos problemas de erosão deste ponto.

Figura 31 - Soluções implantadas nas erosões (KM 170)



FONTE: Autoria Própria (2018).

5.2 Discussões

Por meio dos ensaios de caracterização do solo presente nos pontos de erosão foi possível concluir que:

- Por meio do ensaio de Análise Granulométrica por Sedimentação, inicialmente foram obtidos os seguintes valores de umidade higroscópica:
 - 6,2% no lado esquerdo do KM 150;
 - 6,6% no lado direito do KM 150;
 - 5,6% no KM 157;
 - 8,3% no KM 161;
 - 8,3% no KM 170.

- Por meio da análise granulométrica por sedimentação, conforme os pontos onde foram coletadas amostras de solo foram obtidas as porcentagem passantes da amostra total representadas no quadro 03. Observa-se, portanto, a presença de um solo mais fino no KM 170 do que nos KM's 150, 157 E 161, devido à constatação de uma maior porcentagem de solo passante que nos demais pontos.

Quadro 2 - Resultados: Análise Granulométrica por Sedimentação

TEMPO (min)	LE: KM 150	LD: KM 150	KM 157	KM 161	KM 170
	P (<Di) %	P (<Di) %	P (<Di) %	P (<Di) %	P (<Di) %
0,25					
0,5	26,2	26,6	12,7	24,3	38,6
1	24,5	25,6	12,7	23,4	37,8
2	24,5	25,6	12,7	23,4	37,8
4	23,7	25,6	12,7	22,6	36
8	22,8	24,6	12,7	22,6	36
15	22,8	22,6	12,7	21,7	36
30	22,8	22,6	12,7	21,7	36
60	22,8	22,6	11	21,7	34,3
120	22,8	22,6	11	21,7	33,5
240	22,8	22,6	11	19,1	32,6
480	21,1	20,7	9,3	16,5	31,7
1440	21,1	19,7	9,3	13	30

FONTE: Autoria própria (2018).

- Por meio dos ensaios de Massa Específica, primeiramente foi obtida uma umidade higroscópica inicial média de 0,09%. Sequentemente chegou-se em um valor de massa específica final do solo no valor de: $\rho_s = 2,60 \text{ g/cm}^3$. Sendo assim, conclui-se que o solo presente nos pontos de erosão apresenta uma densidade muito alta, que pode ser comparada à densidade de partículas de mineral de quartzo, de acordo com a classificação da densidade dos solos.

Já por meio dos dados dos índices pluviométricos disponibilizados pelo Instituto das Águas do Paraná próximos aos pontos de erosão, foi observado que o ano com maiores índices de precipitação foi o de 2015. Esta grande quantidade de chuva pode ter agravado e contribuído significativamente para a formação dos processos erosivos nos pontos da BR 487 apresentados neste estudo de caso.

Portanto, pode-se afirmar que o solo presente nos pontos de erosão, antes das soluções adotadas pela empresa responsável (DNIT), não pode ser considerado argiloso, devido a baixa umidade e a alta massa específica obtida por meio dos ensaios de caracterização do solo.

Finalmente, as soluções adotadas pela empresa responsável (terraplenagem, drenagem, recuperação ambiental e implantação de manta geotêxtil), foram altamente eficazes devido a terem sanado os problemas de erosão existentes na BR 487 (PR).

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

6.1 Conclusões

Inicialmente, todos os pontos onde as erosões estavam em estado mais crítico na rodovia BR 487 (PR) foram identificados.

Por meio dos ensaios de caracterização dos solos (massa específica e análise granulométrica) e por meio de estudos sobre o solo presente na “estrada boiadeira”, concluiu-se que o solo desta região é considerado arenoso, o que contribui significativamente para a formação das erosões e o que também pode ter sido o principal motivo para a formação deste passivo ambiental.

As erosões em cada um dos trechos estudados (KM's 150, 157, 161 e 170) podem ser avaliadas com suas causas sendo devido à arenosidade do solo da região e sendo agravadas pela ação das precipitações nestes pontos, principalmente nos meses finais de 2015.

As soluções implantadas pela empresa responsável (DNIT), como a realização dos serviços de terraplenagem, drenagem, recuperação ambiental e implantação de manta geotêxtil supriram todos os problemas de erosão constatados na estrada boiadeira, no entanto se faz necessário a prevenção do surgimento de futuras erosões nestes trechos por meio da manutenção destes serviços implantados.

6.2 Sugestões para Pesquisas Futuras

A seguir estão descritas algumas sugestões para continuação de pesquisas que possam envolver este estudo de caso:

- Estudar e analisar demais problemas de passivos ambientais existentes na BR 487 (PR), tais como deslizamentos superficiais, ruptura do solo, instabilidade dos blocos de rocha, dentre outros;
- Realizar demais ensaios de caracterização dos solos presentes nos pontos erosivos;
- Realizar análise de custos das soluções implantadas pela empresa responsável pela preservação e manutenção da BR 487 (PR).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFONSO, C. H. A; FREITAS, L. G. B. **Implantação e Manejo de Gramíneas em Estradas e Rodovias**. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://infograma.com.br/wpcontent/uploads/2015/10/IMPLANTA%C3%87%C3%83O-E-MANEJO-DE-GRAM%C3%8DNEAS-EM-ESTRADAS-E-RODOVIAS.pdf>>. Acesso em: 19/02/2018.

ALMEIDA, J. G. R. **Massa Específica**. Goiás, 2012. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17403/material/Aula%203%20-%20Massa%20especifica.pptx>>. Acesso em: 15/01/2018.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Amostras de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. Método de Ensaio. Brasil: ABNT, 1986.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Determinação do Limite de Liquidez. Método de Ensaio. Brasil: ABNT, 1984.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508**: Massa Específica dos Solos. Método de Ensaio. Brasil: ABNT, 1984.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 051**: Solos – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro: DNER, 1994.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 082**: Solos – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro: DNER, 1994.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 122**: Solos – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro: DNER, 1994.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Capítulo 4. Precipitação**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap4-PPT.pdf>>. Acesso em: 03/02/2018.

CARVALHO, J.C.; DINIZ, N.C. **Cartilha Erosão**. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.geotecnia.unb.br/downloads/publicacoes/cartilhas/cartilha_erosao_2007.pdf>. Acesso em: 19/12/2017.

COOPER, M. **Granulometria e Textura do Solo**. São Paulo, 2015. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/576877/mod_resource/content/1/Aula%201%20-%20Granulometria%20e%20Textura%20do%20Solo.pdf>. Acesso em: 21/12/2017.

COOPER, M.; MAZZA, J. A. **Densidade do Solo e Densidade de Partículas**. Brasil, 2015. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/300387/mod_resource/content/0/Aula%20Te%20C3%B3rica%203%20%20Densidade%20do%20Solo%20e%20Densidade%20de%20Part%20C3%ADcula.pdf>. Acesso em: 11/02/2018.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNIT). **Execução de Obras de Revitalização (Recuperação, Restauração e Manutenção) Rodoviária CREMA 2ª Etapa, Lote 03**. Campo Mourão, 2016. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1eEvy96OZ6-JsfugPwlbjgteDclTFXIZ2/view>>. Acesso em: 08/04/2017.

EQUIPAMENTO PARA HIDROSSEMEADURA. **Romanelli**. Cambé (PR), 2018. Disponível em: <<http://www.romanelli.com.br/pt/equipamento/hidrossemeadura-/hsr-1600->>. Acesso em: 15/12/2017.

GONÇALVES, H. H. S.; MARINHO, F. A. M; FUTAI, M. M. **Mecânica dos Solos e Fundações**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/pef0522/PEF0522Notas%20de%20Aula.pdf>>. Acesso em: 15/01/2018.

AGUASPARANÁ. **Instituto das Águas do Paraná**. Curitiba, 2018. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br>>. Acesso em: 23/07/2018.

KRAINER, C. W. M. **Laboratório de Mecânica dos Solos – Conceito de Plasticidade – Ensaio LL, LP, LC**. Curitiba, 2016. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/5/50/Aula_2_Plasticidade.pdf>. Acesso em: 23/01/2018.

LEINZ, V.; LEONARDOS, O. H. Glossário geológico. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1977.

SCHWARTZ. **Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Brasília, 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 05/01/2018.

TECNOLOGIA DA FLUIDIZAÇÃO. **Técnicas de Medida de Tamanho de Partícula**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://fluidizacao.com.br/tecnicas-de-medida-de-tamanho-de-particula/>>. Acesso em: 13/02/2018.

APÊNDICE A – UMIDADE HIGROSCÓPICA PARA OBTENÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DO SOLO

Quadro 3 - Obtenção da Umidade do Solo (BR 487 - KM 150 – Lado Esquerdo)

Capsula	Peso Cap.	Cap.+Solo Úmido	Cap.+Solo Seco	Umidade
47	8,08	25,37	25,23	0,82%
46	7,97	22,36	22,26	0,70%
33	7,87	23,04	22,92	0,80%
Média				0,80%

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 4 - Obtenção da Umidade do Solo (BR 487 - KM 150 – Lado Direito)

Capsula	Peso Cap.	Cap.+Solo Úmido	Cap.+Solo Seco	Umidade
42	7,95	22	21,75	1,81%
43	8,02	22,69	22,44	1,73%
40	8,23	23,44	23,18	1,74%
Média				1,74%

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 5 - Obtenção da Umidade do Solo (BR 487 - KM 157)

Capsula	Peso Cap.	Cap.+Solo Úmido	Cap.+Solo Seco	Umidade
21	7,91	20,34	20,29	0,40%
32	7,53	22,48	22,42	0,40%
25	7,76	20,6	20,55	0,39%
Média				0,40%

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 6 - Obtenção da Umidade do Solo (BR 487 - KM 161)

Capsula	Peso Cap.	Cap.+Solo Úmido	Cap.+Solo Seco	Umidade
44	8,37	20,67	20,58	0,74%
38	8,65	20,79	20,71	0,66%
34	7,99	20,12	20,03	0,75%
Média				0,74%

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 7 - Obtenção da Umidade do Solo (BR 487 - KM 170)

Capsula	Peso Cap.	Cap.+Solo Úmido	Cap.+Solo Seco	Umidade
45	8,19	23,27	23,08	1,28%
24	6,11	22,08	21,88	1,27%
20	8,32	22,7	22,53	1,20%
Média				1,27%

FONTE: Autoria própria (2018).

APÊNDICE B – UMIDADE HIGROSCÓPICA PARA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR SEDIMENTAÇÃO

Quadro 8 - Umidade Higroscópica (BR 487 - KM 150 – Lado Esquerdo)

Umidade (w)					Massa Inicial		
Número da Cápsula	nº	8	7	6			
Sólidos + Tara + Água	g	10,80	10,81	10,66	Sólidos + Tara + Água	g	134,67
Sólidos + Tara	g	10,32	10,47	10,47	Tara (T)	g	32,73
Tara (T)	g	4,94	4,96	5,20	Sólidos + Tara	g	101,94
Água (A)	g	0,48	0,34	0,19	Umidade (w)	%	6,2
Sólidos (S)	g	5,38	5,51	5,27	Sólidos	g	95,96
Umidade (w)	%	8,9	6,2	3,6			

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 9 - Umidade Higroscópica (BR 487 – KM 150 - Lado Direito)

Umidade (w)					Massa Inicial		
Número da Cápsula	nº	9	10	11			
Sólidos + Tara + Água	g	12,05	12,22	10,70	Sólidos + Tara + Água	g	137,50
Sólidos + Tara	g	11,59	11,79	10,33	Tara (T)	g	48,17
Tara (T)	g	4,46	5,24	4,96	Sólidos + Tara	g	89,33
Água (A)	g	0,46	0,43	0,37	Umidade (w)	%	6,6
Sólidos (S)	g	7,13	6,55	5,37	Sólidos	g	83,77
Umidade (w)	%	6,5	6,6	6,9			

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 10 - Umidade Higroscópica (BR 487 - KM 157)

Umidade (w)					Massa Inicial		
Número da Cápsula	nº	16	15	17			
Sólidos + Tara + Água	g	12,54	11,62	10,39	Sólidos + Tara + Água	g	134,01
Sólidos + Tara	g	12,15	11,29	10,10	Tara (T)	g	33,86
Tara (T)	g	5,21	5,19	5,20	Sólidos + Tara	g	100,15
Água (A)	g	0,39	0,33	0,29	Umidade (w)	%	5,6
Sólidos (S)	g	6,94	6,10	4,90	Sólidos	g	94,79
Umidade (w)	%	5,6	5,4	5,9			

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 11 - Umidade Higroscópica (BR 487 - KM 161)

Umidade (w)					Massa Inicial		
Número da Cápsula	nº	1	3	4			
Sólidos + Tara + Água	g	13,42	11,89	10,33	Sólidos + Tara + Água	g	134,13
Sólidos + Tara	g	12,78	11,37	9,95	Tara (T)	g	32,68
Tara (T)	g	5,22	5,19	5,21	Sólidos + Tara	g	101,45
Água (A)	g	0,64	0,52	0,38	Umidade (w)	%	8,3
Sólidos (S)	g	7,56	6,18	4,74	Sólidos	g	93,68
Umidade (w)	%	8,5	8,4	8,0			

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 12 – Umidade Higroscópica (BR 487 – KM 170)

Umidade (w)					Massa Inicial		
Número da Cápsula	nº	12	13	14			
Sólidos + Tara + Água	g	11,33	10,63	11,13	Sólidos + Tara + Água	g	134,86
Sólidos + Tara	g	10,85	10,17	10,69	Tara (T)	g	33,92
Tara (T)	g	4,96	4,96	5,21	Sólidos + Tara	g	100,94
Água (A)	g	0,48	0,46	0,44	Umidade (w)	%	8,3
Sólidos (S)	g	5,89	5,21	5,48	Sólidos	g	93,17
Umidade (w)	%	8,1	8,8	8,0			

FONTE: Autoria própria (2018).

APÊNDICE C – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR SEDIMENTAÇÃO

Quadro 13 – Granulometria: Sedimentação (BR 487 - KM 150 – Lado Esquerdo)

Ensaio de Sedimentação								
TEMPO (min)	r(H)	T (°C)	m.10 ⁻⁴ (Pa.s)	z(cm)	Rw(H)	Di (mm)	R (H)-rw(H)	P(<Di) %
0,25	20							
0,5	18,0	23,0	9,38	12,59	2,50	0,0670	15,5	26,2
1	17,0	23,0	9,38	12,86	2,50	0,0479	14,5	24,5
2	17,0	23,0	9,38	12,86	2,50	0,0339	14,5	24,5
4	16,5	23,0	9,38	13,00	2,50	0,0241	14,0	23,7
8	16,0	23,0	9,38	13,13	2,50	0,0171	13,5	22,8
15	16,0	23,0	9,38	13,13	2,50	0,0125	13,5	22,8
30	16,0	23,0	9,38	13,13	2,50	0,0088	13,5	22,8
60	16,0	23,0	9,38	13,13	2,50	0,0062	13,5	22,8
120	16,0	23,0	9,38	13,13	2,50	0,0044	13,5	22,8
240	16,0	23,0	9,38	13,13	2,50	0,0031	13,5	22,8
480	15,0	23,0	9,38	13,40	2,50	0,0022	12,5	21,1
1440	15,0	22,0	9,606333	13,4	2,50	0,001303053	12,5	21,1

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 14 - Granulometria: Sedimentação(BR 487 - KM 150 – Lado Direito)

Ensaio de Sedimentação								
TEMPO (min)	r(H)	T (°C)	m.10 ⁻⁴ (Pa.s)	z (cm)	rw(H)	Di (mm)	r(H)-rw(H)	P(<Di) %
0,25	17							
0,5	16,0	23,0	9,38	13,13	2,50	0,0700	13,5	26,6
1	15,5	23,0	9,38	13,27	2,50	0,0497	13,0	25,6
2	15,5	23,0	9,38	13,27	2,50	0,0352	13,0	25,6
4	15,5	23,0	9,38	13,27	2,50	0,0249	13,0	25,6
8	15,0	23,0	9,38	13,40	2,50	0,0177	12,5	24,6
15	14,0	23,0	9,38	13,67	2,50	0,0130	11,5	22,6
30	14,0	23,0	9,38	13,67	2,50	0,0092	11,5	22,6
60	14,0	23,0	9,38	13,67	2,50	0,0065	11,5	22,6
120	14,0	23,0	9,38	13,67	2,50	0,0046	11,5	22,6
240	14,0	23,0	9,38	13,67	2,50	0,0033	11,5	22,6
480	13,0	23,0	9,38	13,94	2,50	0,0023	10,5	20,7
1440	12,5	22,0	9,606333	14,075	2,50	0,001365484	10,0	19,7

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 15 - Granulometria: Sedimentação(BR 487 - KM 157)

Ensaio de Sedimentação								
TEMPO (min)	r(H)	T (°C)	m.10 ⁻⁴ (Pa.s)	z (cm)	rw(H)	Di (mm)	r(H)-rw(H)	P(<Di) %
0,25	13							
0,5	10,0	23,0	9,38	14,75	2,50	0,0716	7,5	12,7
1	10,0	23,0	9,38	14,75	2,50	0,0507	7,5	12,7
2	10,0	23,0	9,38	14,75	2,50	0,0358	7,5	12,7
4	10,0	23,0	9,38	14,75	2,50	0,0253	7,5	12,7
8	10,0	23,0	9,38	14,75	2,50	0,0179	7,5	12,7
15	10,0	23,0	9,38	14,75	2,50	0,0131	7,5	12,7
30	10,0	23,0	9,38	14,75	2,50	0,0092	7,5	12,7
60	9,0	23,0	9,38	15,02	2,50	0,0066	6,5	11,0
120	9,0	23,0	9,38	15,02	2,50	0,0047	6,5	11,0
240	9,0	23,0	9,38	15,02	2,50	0,0033	6,5	11,0
480	8,0	23,0	9,38	15,29	2,50	0,0024	5,5	9,3
1440	8,0	22,0	9,606333	15,29	2,50	0,001374942	5,5	9,3

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 16 - Granulometria: Sedimentação(BR 487 - KM 161)

Ensaio de Sedimentação								
TEMPO (min)	r(H)	T (°C)	m.10 ⁻⁴ (Pa.s)	z (cm)	rw(H)	Di (mm)	r(H)-rw(H)	P(<Di) %
0,25	17							
0,5	16,5	23,0	9,38	13,00	2,50	0,0683	14,0	24,3
1	16,0	23,0	9,38	13,13	2,50	0,0485	13,5	23,4
2	16,0	23,0	9,38	13,13	2,50	0,0343	13,5	23,4
4	15,5	23,0	9,38	13,27	2,50	0,0244	13,0	22,6
8	15,5	23,0	9,38	13,27	2,50	0,0172	13,0	22,6
15	15,0	23,0	9,38	13,40	2,50	0,0127	12,5	21,7
30	15,0	23,0	9,38	13,40	2,50	0,0090	12,5	21,7
60	15,0	23,0	9,38	13,40	2,50	0,0063	12,5	21,7
120	15,0	23,0	9,38	13,40	2,50	0,0045	12,5	21,7
240	13,5	23,0	9,38	13,81	2,50	0,0032	11,0	19,1
480	12,0	23,0	9,38	14,21	2,50	0,0023	9,5	16,5
1440	10,0	22,0	9,606333	14,75	2,50	0,001371383	7,5	13,0

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 17 - Granulometria: Sedimentação(BR 487 - KM 170)

Ensaio de Sedimentação								
TEMPO (min)	r(H)	T (°C)	m.10 ⁻⁴ (Pa.s)	z (cm)	rw(H)	Di (mm)	r(H)-rw(H)	P(<Di) %
0,25	26							
0,5	25,0	23,0	9,38	10,70	2,50	0,0606	22,5	38,6
1	24,5	23,0	9,38	10,84	2,50	0,0432	22,0	37,8
2	24,5	23,0	9,38	10,84	2,50	0,0305	22,0	37,8
4	23,5	23,0	9,38	11,11	2,50	0,0218	21,0	36,0
8	23,5	23,0	9,38	11,11	2,50	0,0154	21,0	36,0
15	23,5	23,0	9,38	11,11	2,50	0,0113	21,0	36,0
30	23,5	23,0	9,38	11,11	2,50	0,0080	21,0	36,0
60	22,5	23,0	9,38	11,38	2,50	0,0057	20,0	34,3
120	22,0	23,0	9,38	11,51	2,50	0,0041	19,5	33,5
240	21,5	23,0	9,38	11,65	2,50	0,0029	19,0	32,6
480	21,0	23,0	9,38	11,78	2,50	0,0021	18,5	31,7
1440	20,0	22,0	9,606333	12,05	2,50	0,001213271	17,5	30,0

FONTE: Aatoria própria (2018).

APÊNDICE D – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

Quadro 18 – Granulometria: Peneiramento(BR 487 - KM 150 – Lado Esquerdo)

Peneiramento				
PENEIRA nº	MASSA (g)	MATERIAL RETIDO (%)	MATERIAL RETIDO ACUMULADO (%)	MATERIAL PASSADO (%)
10	-	-	-	-
16	0,01	0,0	0,0	100,0
35	1,20	1,3	1,3	98,7
60	15,87	16,5	17,8	82,2
100	40,02	41,7	59,5	40,5
200	11,14	11,6	71,1	28,9
Prato	27,72	28,9	28,9	71,1

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 19 - Granulometria: Peneiramento(BR 487 - KM 150 – Lado Direito)

Peneiramento				
PENEIRA nº	MASSA (g)	MATERIAL RETIDO (%)	MATERIAL RETIDO ACUMULADO (%)	MATERIAL PASSADO (%)
10	-	-	-	-
16	0,02	0,0	0,0	100,0
35	0,55	0,7	0,7	99,3
60	15,07	18,0	18,7	81,3
100	35,80	42,7	61,4	38,6
200	9,78	11,7	73,1	26,9
Prato	22,55	26,9	26,9	73,1

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 20 - Granulometria: Peneiramento(BR 487 - KM 157)

Peneiramento				
PENEIRA nº	MASSA (g)	MATERIAL RETIDO (%)	MATERIAL RETIDO ACUMULADO (%)	MATERIAL PASSADO (%)
10	-	-	-	-
16	0,00	0,0	0,0	100,0
35	0,06	0,1	0,1	99,9
60	17,47	18,4	18,5	81,5
100	52,80	55,7	74,2	25,8
200	11,49	12,1	86,3	13,7
Prato	12,97	13,7	13,7	86,3

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 21 - Granulometria: Peneiramento(BR 487 - KM 161)

Peneiramento				
PENEIRA nº	MASSA (g)	MATERIAL RETIDO (%)	MATERIAL RETIDO ACUMULADO (%)	MATERIAL PASSADO (%)
10	-	-	-	-
16	0,00	0,0	0,0	100,0
35	0,00	0,0	0,0	100,0
60	22,05	23,5	23,5	76,5
100	42,83	45,7	69,3	30,7
200	5,19	5,5	74,8	25,2
Prato	23,61	25,2	25,2	74,8

FONTE: Autoria própria (2018).

Quadro 22 - Granulometria: Peneiramento(BR 487 - KM 170)

Peneiramento				
PENEIRA nº	MASSA (g)	MATERIAL RETIDO (%)	MATERIAL RETIDO ACUMULADO (%)	MATERIAL PASSADO (%)
10				
16	0,00	0,0	0,0	100,0
35	0,04	0,0	0,0	100,0
60	22,85	24,5	24,6	75,4
100	29,64	31,8	56,4	43,6
200	4,62	5,0	61,3	38,7
Prato	36,02	38,7	38,7	61,3

FONTE: Autoria própria (2018).

APÊNDICE E – ALTURAS DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS

Figura 32 - Índice Pluviométrico (2010)

Alturas diárias de precipitação (mm)												
2010												
Estação:	CANAÃ		Código:	2352026				Entidade:	AGUASPARANÁ			
Município:	Tuneiras do Oeste		Instalação:	07/01/1976				Extinção:				
Tipo:	P		Bacia:	Piquiri				Sub-bacia:	3			
Altitude:	459,000 m		Latitude:	23° 54' 24"				Longitude:	52° 57' 17"			
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	4,2	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0
3	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5	0,0	2,3	0,0	5,5	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	37,1
7	18,1	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,5	0,0	53,1
9	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	0,0
11	19,4	18,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	30,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,1
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0
15	0,0	9,1	17,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0
16	0,0	21,5	30,9	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	0,0	34,4	36,1	0,0
17	0,0	19,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	24,4	0,0	0,0	110,5	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	0,0
19	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	24,4	0,0	20,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	76,8
23	0,0	0,0	8,2	27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	53,3
24	0,0	10,9	20,1	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	0,0
25	0,0	29,5	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5
26	0,0	0,0	0,0	22,3	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0	42,6	0,0	0,0	0,0
28	29,1	57,5	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,1	0,0	0,0	0,0
29	0,0	-	0,0	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,8	0,0
30	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,2	4,4	0,0
31	0,0	-	0,0	-	8,5	-	0,0	0,0	-	25,5	-	0,0
Valores mensais												
TOTAL	177,7	203,1	116,6	101,6	132,8	27,6	37,2	9,7	119,5	165,4	134,3	275,9
TOT. CONS.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÁXIMA	30,2	57,5	30,9	27,9	110,5	25,5	26,6	7,4	42,6	46,5	46,8	76,8
DIAS CHUVA	11	9	7	5	4	2	4	2	6	9	6	6
Valores anuais												
365 dias observados			71 dias de chuva			Máxima: 110,5			Total: 1501,4			

FONTE: IAGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná (2018).

Figura 33 - Índice Pluviométrico (2011)

Alturas diárias de precipitação (mm) 2011												
Estação:	CANAÃ		Código:	2352026				Entidade:	AGUASPARANÁ			
Município:	Tuneiras do Oeste		Instalação:	07/01/1976				Extinção:				
Tipo:	P		Bacia:	Piquiri				Sub-bacia:	3			
Altitude:	459,000 m		Latitude:	23° 54' 24"				Longitude:	52° 57' 17"			
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0,0	0,0	0,0	0,0	15,4	0,0	4,1	34,9	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	2,1	0,0	20,1	0,0	0,0	28,8	31,3	0,0	5,4	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	27,5	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	28,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0
7	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	0,0
8	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	50,1	0,0	3,9	29,1	13,2	0,0	8,1
10	0,0	32,3	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	15,1	0,0	0,0
11	4,2	10,6	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,3	0,0	0,0
12	11,5	20,5	0,0	25,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0
13	0,0	10,5	1,1	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	19,1	0,0
14	0,0	13,8	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	58,6	0,0
15	0,0	22,6	0,0	9,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	63,5	39,4	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,6	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	33,1	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	23,5	0,0	0,0	0,0	41,8	0,0
23	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	22,6	0,0	0,0	0,0
24	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5
25	3,9	2,5	0,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	20,1	0,0	26,1	0,0	17,6
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	-	23,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	-	1,1	0,0	0,0	46,0	10,0	0,0	0,0	35,8	0,0	0,0
31	0,0	-	29,6	-	0,0	-	16,0	1,1	-	0,0	-	12,1
Valores mensais												
TOTAL	65,2	155,1	64,3	111,2	16,3	116,1	168,5	139,7	52,8	210,0	173,0	49,3
TOT. CONS.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÁXIMA	27,5	32,3	29,6	33,1	15,4	50,1	44,6	34,9	29,1	63,5	58,6	17,6
DIAS CHUVA	7	12	5	8	2	8	9	9	3	12	5	4
Valores anuais												
365 dias observados			84 dias de chuva			Máxima: 63,5			Total: 1321,5			

FONTE: IAGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná (2018).

Figura 34 - Índice Pluviométrico (2012)

Alturas diárias de precipitação (mm) 2012												
Estação:	CANAÃ		Código:	2352026				Entidade:	AGUASPARANÁ			
Município:	Tuneiras do Oeste		Instalação:	07/01/1976				Extinção:				
Tipo:	P		Bacia:	Piquiri				Sub-bacia:	3			
Altitude:	459,000 m		Latitude:	23° 54' 24"				Longitude:	52° 57' 17"			
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	12,9	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	0,0	0,0	0,0	2,5	9,9	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1
7	23,8	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	27,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	27,1	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	0,0	0,0
12	2,1	0,0	0,0	0,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	60,6
14	77,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	10,3	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,2
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,1	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3
20	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	35,7	0,0	0,0	5,8	0,0	0,0	6,8
21	0,0	0,0	0,0	47,8	0,0	0,0	0,0	0,0	16,1	0,0	0,0	0,0
22	0,0	24,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	24,5	0,0	5,2
23	0,0	0,0	56,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,5	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	0,0	0,0	0,0	0,0	22,7	14,0	0,0
25	28,4	0,0	0,0	0,0	6,1	0,0	0,0	0,0	8,6	0,0	0,0	0,0
26	83,4	2,6	0,0	49,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	38,2	28,1	24,1	0,0	0,0	24,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	24,2	3,1	0,0	36,6	0,0	14,8	3,6	0,0	0,0	0,0	18,4
29	0,0	0,8	0,0	45,5	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	27,2	0,0	25,6
30	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3	0,0
31	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	-	17,2
Valores mensais												
TOTAL	218,4	89,8	98,4	201,3	108,2	151,9	69,0	3,6	30,5	115,8	76,0	204,1
TOT. CONS.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÁXIMA	83,4	38,2	56,9	49,3	36,6	43,1	27,5	3,6	16,1	27,2	15,3	60,6
DIAS CHUVA	6	5	4	8	5	9	4	1	3	8	8	12
Valores anuais												
366 dias observados			73 dias de chuva			Máxima: 83,4			Total: 1367,0			

FONTE: IAGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná (2018).

Figura 35 - Índice Pluviométrico (2014)

Alturas diárias de precipitação (mm)												
2014												
Estação:	CANAÃ		Código:	2352026				Entidade:	AGUASPARANÁ			
Município:	Tuneiras do Oeste		Instalação:	07/01/1976				Extinção:				
Tipo:	P		Bacia:	Piquiri				Sub-bacia:	3			
Altitude:	459,000 m		Latitude:	23° 54' 24"				Longitude:	52° 57' 17"			
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	13,7	0,0	0,0	5,6	43,9	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0
2	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6	0,0
4	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,1	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	22,6	0,0	0,0	0,0	0,0	165,0	5,1	0,0	49,1	0,3	16,3	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	26,9	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2
10	0,0	4,1	0,0	11,6	0,0	0,0	25,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	11,7	4,3	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	26,8	0,0	0,0	0,0	14,8
14	3,6	1,5	0,0	0,0	0,5	55,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	20,1	0,0	0,0	4,7	15,7	0,0	0,0
16	43,1	0,0	0,0	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,5	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	30,6	60,1	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	8,1	6,9	0,0
21	0,0	9,3	63,3	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	10,4	2,1
22	0,0	11,5	13,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,4	89,8
23	0,0	1,5	0,0	0,0	38,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,8
24	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	27,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	10,0	36,4	0,0	0,0	8,1	0,0	3,2	0,0	55,1	5,2	1,5	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	85,2	0,0	0,0	5,5	6,7	0,0	40,8	0,0
27	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	-	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	-	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7
31	0,0	-	4,5	-	0,0	-	0,0	0,0	-	11,6	-	0,0
Valores mensais												
TOTAL	124,4	78,6	151,5	119,2	185,5	275,7	113,8	32,3	162,9	46,0	176,9	160,2
TOT. CONS.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÁXIMA	43,1	36,4	63,3	60,1	85,2	165,0	52,3	26,8	55,1	15,7	40,8	89,8
DIAS CHUVA	8	9	8	7	6	6	5	2	8	7	9	7
Valores anuais												
365 dias observados			82 dias de chuva			Máxima: 165,0			Total: 1627,0			

FONTE: IAGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná (2018).

Figura 36 - Índice Pluviométrico (2015)

Alturas diárias de precipitação (mm) 2015												
Estação:	CANAÃ		Código:	2352026				Entidade:	AGUASPARANÁ			
Município:	Tuneiras do Oeste		Instalação:	07/01/1976				Extinção:				
Tipo:	P		Bacia:	Piquiri				Sub-bacia:	3			
Altitude:	459,000 m		Latitude:	23° 54' 24"				Longitude:	52° 57' 17"			
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	142,0	0,0	0,0	45,3	4,4	9,5
4	0,0	15,9	5,1	0,0	95,1	0,0	41,4	0,0	0,0	0,0	26,1	4,1
5	22,5	0,0	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0
6	0,0	0,0	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	10,6
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,1	0,0	54,5	0,0	9,6	0,0
9	3,8	0,0	23,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	0,0	0,0	0,0
10	0,0	9,7	0,0	0,0	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	30,6
11	0,0	0,0	0,0	0,0	54,5	0,0	75,2	0,0	58,3	20,1	0,0	1,4
12	10,1	7,1	0,0	0,0	0,0	12,4	15,0	0,0	0,0	31,8	0,0	40,1
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,1	4,8	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0
14	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	16,2
15	0,0	23,2	0,0	6,7	0,0	13,1	33,6	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0
16	0,0	1,8	0,0	2,7	5,1	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	28,1	12,5
17	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	39,2	0,0	0,0	0,0	43,5	10,5
18	0,0	1,4	0,0	13,9	0,0	0,0	28,3	0,0	0,0	9,4	40,1	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	78,6	56,7
21	5,1	1,8	0,0	3,1	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	41,3	2,6	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	25,3	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	42,1	3,5
25	0,0	31,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	0,0	0,0	76,7	15,1
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,2	0,0	8,6	8,6
27	0,0	0,0	7,8	0,0	20,1	0,0	0,0	29,8	0,0	0,0	4,7	0,0
28	0,0	10,3	0,0	0,0	33,5	0,0	0,0	0,0	27,5	5,9	3,4	58,2
29	39,7	-	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0
30	18,7	-	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,7	0,0	5,5	0,0
31	0,0	-	0,0	-	14,5	-	0,0	0,0	-	0,0	-	12,2
Valores mensais												
TOTAL	106,0	113,2	70,3	42,2	264,4	46,6	437,9	48,1	263,5	179,6	401,0	299,9
TOT. CONS.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÁXIMA	39,7	31,6	23,1	15,8	95,1	21,1	142,0	29,8	62,7	45,3	78,6	58,2
DIAS CHUVA	8	12	6	5	8	3	16	3	8	8	18	16
Valores anuais												
365 dias observados			111 dias de chuva			Máxima: 142,0			Total: 2272,7			

FONTE: IAGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná (2018).