

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAROLINA OLIVEIRA MEDEIROS

**ANÁLISE DE EROÇÃO NA ÁREA DO MORRO SANTA CLARA –
BAIRRO TRÊS POÇOS/VOLTA REDONDA – RJ POR MEIO DO
ENSAIO DE INDERBITZEN**

VOLTA REDONDA/RJ

NOVEMBRO/2018

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE DE EROÇÃO NA ÁREA DO MORRO SANTA CLARA –
BAIRRO TRÊS POÇOS/VOLTA REDONDA – RJ POR MEIO DO
ENSAIO DE INDERBITZEN**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do UNIFOA como requisito à obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Aluna:
Carolina Oliveira Medeiros

Orientador:
Prof. M.Sc. Francisco Roberto Silva de Abreu

VOLTA REDONDA/RJ

NOVEMBRO/2018

Anexo 10
FOLHA DE APROVAÇÃO

Curso: **Engenharia Ambiental**

Trabalho de Conclusão de Curso intitulado:

“ANÁLISE DE EROSIÃO NA ÁREA DO MORRO SANTA CLARA - BAIRRO TRÊS POÇOS/VOLTA REDONDA - RJ POR MEIO DO ENSAIO DE INDERBITZEN ”

Elaborado por:

Acadêmica (s)

Carolina Oliveira Medeiros

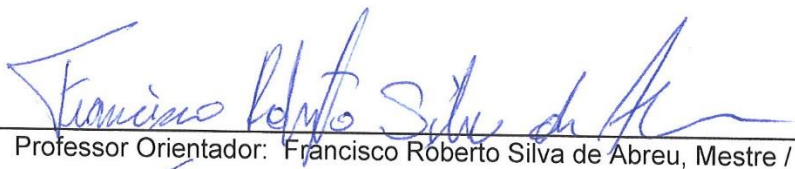
Matrícula (s)

201420730

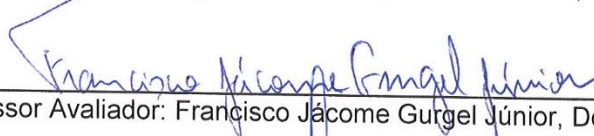
Apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Engenharia Ambiental.

Aprovada em 14 de Dezembro de 2018

Banca Examinadora:



Professor Orientador: Francisco Roberto Silva de Abreu, Mestre / UniFOA



Professor Avaliador: Francisco Jacome Gurgel Júnior, Doutor / UniFOA



Professor Avaliador: Marcus Vinicius Faria de Araújo, Mestre / UniFOA

A Deus, dono de todas as coisas e autor da minha fé, iluminou meu caminho durante esta trajetória.

Aos meus pais, que não mediram esforços para me ajudarem a realizar este sonho. Mãe, seu apoio e carinho que me emocionam, me ajudou tanto a não desistir, sempre estive lá quando precisei, acreditando em mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir que eu realizasse este sonho, me dando saúde, força, perseverança e por nunca ter me desamparado quando mais precisei.

Aos meus pais, por lutarem tanto para que eu conseguisse estudar em meio as difíceis condições da nossa vida, pelo incentivo, por acreditarem em mim, quando nem eu mesma acreditei, pelo amor incondicional.

A minha irmã Tatiane Soares Medeiros Martins e meu cunhado Fernando Martins, por me oferecerem seu lar como meu lar, e me tratarem praticamente como filha, me ajudando, me apoiando, à Tatiane que passou madrugadas como minha parceira de estudos, conversas, diversão, acolhimento, à Fernando por sempre fazer comidas gostosas e me fazer rir, muito obrigada por tudo.

Ao meu orientador Professor Francisco Roberto Silva de Abreu, pelo apoio necessário, pela preocupação, pelo estímulo e atenção, pela enorme paciência, por inúmeras vezes me passar calma e tranquilidade em meio ao caos desta saga de trabalho de conclusão de curso, seu ensino e sabedoria são inspiração para mim.

Ao Professor Francisco Jácome Gurgel Júnior pelo apoio, e por ceder informações necessárias que aprimoraram o meu trabalho.

A Coordenadora Ana Carolina Callegario Pereira por me ajudar diversas vezes, pelo encorajamento, gentileza e dedicação.

A Cooperativa Folha Verde por ceder os materiais recicláveis utilizados na construção do equipamento, a vocês, o meu muito obrigada.

Ao Engenheiro Ambiental Márcio de Amorim, pela amizade e por me ajudar na obtenção dos materiais recicláveis através da Cooperativa.

Ao Técnico de Laboratório Arthur Almeida Bitencourt pelo auxílio na parte prática desta monografia.

A este Centro Universitário e seu corpo docente, por me proporcionarem qualificação para seguir novos passos, e vislumbrar uma janela de oportunidades únicas, qualificação esta não só na vida profissional, mas também pessoal.

Aos amigos que adquiri durante essa trajetória, que me ajudaram, me apoiaram, me acolheram, e me fizeram entender o valor de uma verdadeira amizade, os levarei comigo para todo o sempre.

“Eis que Deus é o meu ajudador, o Senhor é quem me sustenta a vida”.

(SALMOS 54:4)

RESUMO

O presente cenário ambiental em que se enquadram diversos problemas e desastres ambientais gerou a necessidade da discussão e criação de soluções voltadas para estas questões pela sociedade atual, visto que o impacto antrópico gera inúmeras perturbações negativas ao meio ambiente. Um impacto antrópico que pode ser visto facilmente é a erosão. A erosão é causada por formas naturais e antrópicas ocasionada pelo manejo de solo inadequado, causando sérios transtornos ambientais e diversos problemas de ordem social e econômica. Com base na relativa importância do manuseio pertinente do solo a fim de evitar seu assoreamento prévio, ou suscetível resultante da intervenção humana, o ensaio de Inderbitzen pode ser implementado como um método expedito para realização de ensaios técnicos tendo como objetivo a prevenção ou a mitigação da erosão. Sendo assim a pesquisa e análise resultante a este trabalho, se desenvolveu em uma área de voçoroca, localizada no Morro Santa Clara/Três Poços – Volta Redonda, tem como principal intuito, diagnosticar a erodibilidade do solo ocasionado por processos antrópicos devido ao manejo incorreto do mesmo, e analisar a eficiência deste ensaio para regiões com nível avançado de erosão.

Palavras-Chave: Erosão, Ensaio de Inderbitzen, Caracterização, Erodibilidade.

ABSTRACT

The present environmental scenario in which various environmental problems and disasters are framed has generated the need to discuss and create solutions addressed to these issues by the current society, since the anthropic impact is generating innumerable negative disturbances to the environment. An anthropic impact that can be easily seen is erosion. Erosion is caused by natural forms, but when soil management is inadequate, it can cause serious environmental disturbances leading to various social and economic problems. Based on the relative importance of relevant soil handling in order to avoid its prior or susceptible sedimentation resulting from human intervention, the Inderbitzen test can be implemented as an expeditious method for conducting technical trials aiming at the prevention or mitigation of erosion. Thus, the research resulting from this work was developed in a voçoroca area, located in the Santa Clara/Três Poços - Volta Redonda, has as main objective to diagnose the erodibility of the soil caused by anthropic processes due to the incorrect management of it, and to analyze the efficiency of this test for regions with advanced level of erosion.

Keywords: Erosion, Inderbitzen Assay, Characterization, Erodibility.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COPPE – Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

EMPRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária

IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias

NBR – Norma Brasileira

PVC – Policloreto de Vinila

TRAFECON – Consultoria e Projetos de Engenharia

TCE/RJ – Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Efeito Salpico	20
Figura 2: Solo contendo e não contendo cobertura vegetal	22
Figura 3: Formação de Sulcos.....	24
Figura 4: Erosão em Ravinas	25
Figura 5: Reconhecimento de Áreas de Voçoroca no Local de Estudo.....	26
Figura 6: Desenvolvimento de uma Voçoroca Erosão Interna e Deslizamento das Extremidades	27
Figura 7: Equipamento de Inderbitzen Original	29
Figura 8: Fluxograma de Classificação da Pesquisa	31
Figura 9: Região Médio Paraíba do Sul.....	32
Figura 10: Morro Santa Clara – Três Poços/Volta Redonda	34
Figura 11: Primeiro Local de Retirada de Amostra.....	36
Figura 12: Segundo Local de Retirada de Amostra.....	36
Figura 13: Secagem – Solo 1	37
Figura 14: Secagem – Solo 2	37
Figura 15: Homogeneização das Amostras de Solo.....	38
Figura 16: Agitador de Amostras.....	39
Figura 17: Materiais Recicláveis Utilizados	39
Figura 18: Vista Frontal	40
Figura 19: Vista Posterior	40
Figura 20: Vista Lateral	41
Figura 21: Construção da Primeira Parte do Equipamento de Inderbitzen Simplificado.....	42
Figura 22: Parte Final do Equipamento de Inderbitzen	42
Figura 23: Parte Final do Equipamento de Inderbitzen	43
Figura 24: Medição de Vazão do Chuveiro.....	47
Figura 25: Amostra 2 Ensaio de Inderbitzen.....	48
Figura 26: Ensaio de Inderbitzen Amostra 3	49
Figura 27: Sistema de Gotejamento	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva Granulométrica Solo 1.....	44
Gráfico 2: Curva Granulométrica Solo 2.....	45
Gráfico 3: Curva Granulométrica Solo 3.....	45
Gráfico 4: Curva Granulométrica Solo 4.....	45
Gráfico 5: Curva Granulométrica Solo 5.....	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Coordenadas UTM	34
Quadro 2: Aparelhagem para Caracterização do Solo	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Peso das Amostras Antes do Ensaio	46
Tabela 2: Resultados Ensaio de Inderbitzen.....	50
Tabela 3: Resultados Ensaio de Inderbitzen.....	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.2 Objetivos Específicos	17
2.3 Justificativa.....	18
2.4 Problema.....	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1 Processos Erosivos	19
3.2 Erosão Hídrica	20
3.2.1 Importância da Cobertura Vegetal	21
3.2.2 Erosão Laminar ou Superficial.....	22
3.2.3 Erosão em Sulcos e Ravinas.....	23
3.2.4 Voçorocas	25
3.3 Influência da Urbanização nos Processos Erosivos.....	27
3.4 Ensaio de Inderbitzen	28
4 METODOLOGIA	31
4.1 Descrição e Classificação da Pesquisa.....	31
4.2 Área de Estudo	31
4.2.1 Resumo Geomorfológico.....	33
4.2.2 Reconhecimento da Área	33
4.3 Caracterização do Solo.....	34
4.4 Construção do Equipamento de Inderbitzen Modificado	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
5.1 Granulometria e Curvas Granulométricas	44
5.2 Ensaio de Inderbitzen	46

6 CONCLUSÕES	52
6.1 Sugestões para Trabalhos Futuros	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

Englobando uma superfície total de 181 km², o município de Volta Redonda localiza-se às extremidades do rio Paraíba do Sul, na região conhecida como Médio Vale do Rio Paraíba. A influência do manejo inadequado do solo, tais como: pastoreio extensivo, monocultura cafeeira, expansão urbana desenfreada atualmente, tem parcela significativa na contribuição do aumento dos processos erosivos no município de Volta Redonda, o que conseqüentemente provoca a remoção de cobertura vegetal propiciando a vulnerabilidade do solo (DIAS, *et. al.*, 2005).

Erosão é a expressão proveniente do latim *erodere* e possui seu significado como “corroer”, expressão esta utilizada para se referir aos desgastes da superfície da terra, relacionado à solo ou rocha, por processos pluviais, pela dinâmica do vento, do gelo, organismos vivos referindo-se à plantas e animais, e à ação antrópica. A forma natural em que o relevo se molda atribui-se à processos erosivos e desempenham-se de maneira disposta aos processos chamados de pedogenéticos. O equilíbrio entre a quantidade de solo erodido e quantidade de produção do solo, se dá através da erosão natural ou erosão geológica, quando há o rompimento ou perturbação deste dado equilíbrio, se origina a erosão acelerada ou antrópica, impossibilitando a regeneração do solo de modo natural (CAMAPUM, *et. al.*, 2006)

A erosão é um problema de gravidade relativamente alta no campo ambiental, tendo em vista os possíveis danos que podem gerar a população e ao meio ambiente como um todo, visto que seu poder relacionado a destruição e promoção de situações de risco à população, é algo preocupante. São diversificados os efeitos da erosão em níveis ambientais, o acontecimento mais grave ao decorrer da erosão é a degradação de ordens físicas e químicas, por exemplo, a infertilidade do solo no campo agrônomo, podendo afetar ainda a qualidade da água (SANT'ANA, 2012). Neste contexto, faz-se necessário o desenvolvimento da aprimoração de análises tecnológicas voltadas para concepção de métodos expeditos, a fim de analisar de modo eficaz as características do solo, e a potencialidade de erosão do mesmo. Posto isto, nesta monografia se desenvolverá a aprimoração e modificação do

ensaio de Inderbitzen, usado para avaliação da erodibilidade do solo por meio de indução (em laboratório) às condições naturais de um solo no meio ambiente, como por exemplo, a erosão hídrica, visando a sustentabilidade com a utilização de materiais recicláveis. Sendo assim, a presente monografia tem como intuito a análise experimental da erosão do solo localizado em Volta Redonda/RJ, através da construção do equipamento de inderbitzen modificado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência do ensaio de Inderbitzen quanto a identificação de modo expedito, de uma área sujeita à erosão, para realização de análise de erosão do solo no Morro Santa Clara em Três Poços/VR, efetuando uma comparação de dados obtidos através da caracterização do solo (granulometria) feita em laboratório com os adquiridos por meio do ensaio em questão.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar a melhor área para retirada das amostras, de modo que se garanta que a mesma não altere negativamente os dados finais;
- Estudo técnico para introdução e familiarização do assunto abordado;
- Estudos específicos para caracterização do solo no laboratório de geotecnia;
- Obter os dados por meio da caracterização do solo e ensaio de Inderbitzen;
- Quantificar em níveis de erodibilidade a área de estudo;
- Analisar a eficiência do equipamento para este tipo de estudo;

2.3 Justificativa

A presente análise é fundamentada na atual situação em que se encontra o manejo inadequado de solos, visto que a não preocupação para estas questões ocasiona graves problemas ambientais como a erosão em estágios elevados, empobrecimento do solo, percolação, escoamento superficial, redução da capacidade de infiltração do solo, assoreamento de corpos hídricos, e conseqüentemente problemas de ordem social e econômica, entre outros.

2.4 Problema

Baseando-se na justificativa do trabalho enfatizou-se graves problemas relacionados a erosão do solo, uma vez que a área em questão se encontra em níveis avançados de erosão, chamados de voçorocas, bem como problemas de ordem social, econômica, e ambiental, como por exemplo, a degradação ambiental contínua gerando riscos para saúde e bem-estar da população no entorno da área, escoamento superficial aumentado facilitando o assoreamento de cursos d'água, entre outros. Fundamentando-se neste assunto qual a eficiência da definição de perfil do solo suscetível a erosão por meio do ensaio de Inderbitzen, atrelado à importância da rapidez para identificar possível erosão em locais de risco?

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Processos Erosivos

Segundo o Manual Geotécnico do DER (1991), o processo erosivo pode ser compreendido como uma drástica mudança na estrutura do solo, causando degradação, e em consequência sua remoção em razão do escoamento superficial. Este processo em taludes de cortes, aterros, ou encostas naturais se dá por escoamento laminar, que ocorre de maneira geral no terreno, e “lava” a sua superfície, porém sem a formação de canais delineados. Outra forma de erosão é por escoamento concentrado, no qual ocorre a formação de ravinas, e conseqüentemente o surgimento das voçorocas, conforme o alcance ao lençol freático.

Os processos erosivos acontecem de maneira gradativa, prolongada, e contínua, o que impossibilita a realização de uma investigação sobre a área, e comprovação da existência de um certo nível de erosão somente por modo visual, tornando viável a detecção por meio de análise da coloração da água dos corpos hídricos no entorno, e pela condição atual da cobertura vegetal (ARAGÃO, *et. al.*, 2011). A erosão é entendida como a forma mais agressiva de degradação do meio ambiente, devido a incapacidade do solo em se formar e regenerar-se em um curto período de tempo, período este atrelado as intensas pressões relativas ao manejo antrópico (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999, *apud* AGUIAR, 2017).

Os processos de erosão são de ordem natural do meio físico e são responsáveis pela formação do relevo, envolvem uma série de eventos naturais que resulta na produção de materiais originados pela fragmentação dos solos e rochas e decomposição. Procede-se de forma dinâmica externa, e é influenciado por fatores como a ação da água e vento, características do material, clima, relevo e interferência antrópica, esses fatores são chamados de agentes erosivos, quando o agente erosivo em questão é a água, o processo é conhecido como erosão hídrica, podendo não dispor da influência de ações antrópicas, ou com interferências humanas denominado por erosão hídrica acelerada (FERNANDES, 2011).

3.2 Erosão Hídrica

A erodibilidade do solo é uma condição intrínseca em relação ao solo, e possui intervenção aos processos erosivos (AGUIAR, 2017). O solo tem sua erodibilidade dependente da capacidade de absorção ou infiltração, e das propriedades do mesmo, por isso a necessidade e importância da cobertura vegetal (RICKSON, 1995).

A capacidade de agrupamento do solo está intimamente interligada com a quantidade de precipitação, com a velocidade, e dimensão das gotas. A intensidade da precipitação, ocasiona em compactação do solo de modo natural, o que diminui a eficiência de infiltração da água no solo (SILVA, *et. al.*, 1995).

A chuva é o agente erosivo responsável pela erosão hídrica, que se dá através da desintegração das partículas do solo influenciado pelo efeito “*splash*” (ou salpico) como pode ser observado na figura 1, que de modo sucinto é o impacto recebido pelo solo provocado pelas gotas de precipitação. Este processo de desintegração se desenvolve a partir da grande energia em que as gotas de chuva caem no solo, causando a desagregação e lançamento de partículas menores no ambiente, desta forma desenvolve-se aberturas no solo ao contato das gotas no mesmo (FERNANDES, 2011).

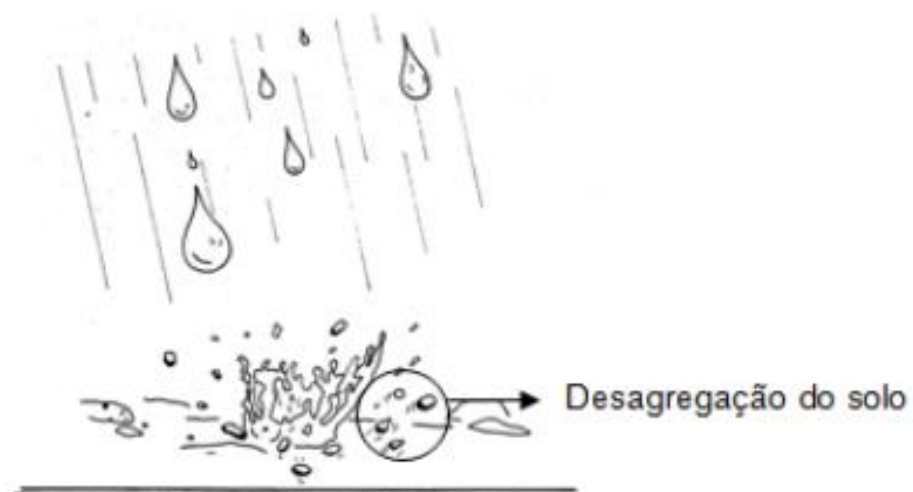


Figura 1: Efeito Salpico
Fonte: FERNANDES, 2011

O salpicamento é incluído como componente nos processos de erosão, embora de maneira geral não apresentem significativa influência nos processos erosivos a níveis numéricos (SILVA & SCHULZ, 2002).

De acordo com CAMAPUM, *et. al.*, 2006, o processo de desagregação das partículas de solo cessa, quando há uma resistência do solo através da saturação, diminuindo assim a sua capacidade de transportar os sedimentos. Quando a capacidade de absorção do solo é superada pelo potencial de chuva, se dá a erosão laminar. É de suma importância salientar que este arraste das partículas de solo provocado pela ação da chuva, está intimamente ligado a topografia da área, declive, potencial pluviométrico, assim como a extensão da vertente (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999, *apud* AGUIAR, 2017).

Com relação a regiões tropicais, a erosão hídrica se torna um fator ainda mais preocupante devido as altas taxas pluviométricas e centralização de chuvas de modo estacionário em dadas estações do ano (DEBORTOLLI, 2013). Territórios que possuem um excesso de umidade, como por exemplo a região amazônica, tendem a sofrer forte influência por erosão hídrica, ocasionado por fatores como a densa vegetação florestal que proporciona a taxa pluviométrica relativamente alta e intensa, funcionando como um sistema de abastecimento constante das nuvens, mediante ao processo de evapotranspiração (AGUIAR, 2017).

3.2.1 Importância da Cobertura Vegetal

A ausência da cobertura vegetal expõe o solo a condição de estímulo do processo erosivo, ou seja, é um aspecto que suscita a erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999, *apud* LIMA, *et. al.*, 2013).

A cobertura vegetal tem sua influência na redução de perda de solo, nutrientes e água, além de não permitir a total exposição do solo à erosão hídrica (CARDOSO, *et. al.*, 2012), por meio da atenuação da energia cinética relativamente alta contida nas gotas de chuva, além da elevação de infiltração de água no solo (SILVA, *et. al.*, 2011) beneficiando a proteção dos corpos hídricos contra o assoreamento e aspectos sociais e econômicos (CARDOSO, *et. al.*, 2012).

A vegetação age como fortalecedor, visto que a alteração deste elemento causa perturbação em níveis climáticos, pedogenéticos, geomorfológicos e geológicos, um exemplo típico desta perturbação citada é no fator hidrológico uma vez que a ausência de vegetação, promove a redução da capacidade de infiltração, como já citado, o que ocasiona na diminuição do abastecimento de aquíferos (ALMEIDA, *et. al.*, 2012).

A figura 2 representa um explicativo, apresentando as condicionantes sucessivas a um solo exposto aos agentes erosivos, ou seja, sem cobertura vegetal, e as vantagens de um solo em que a cobertura vegetal é preservada.

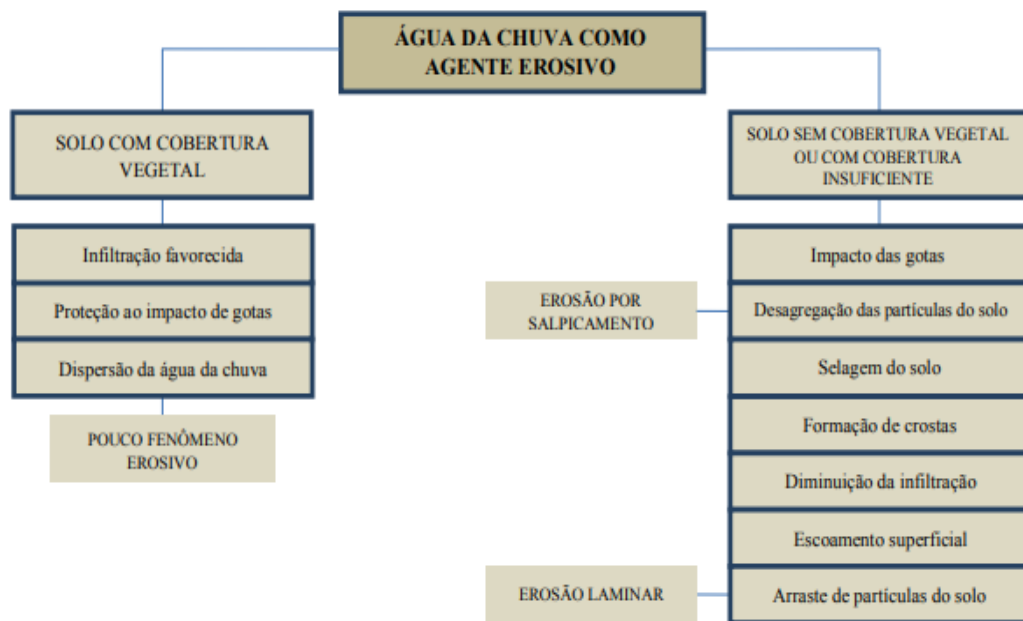


Figura 2: Solo contendo e não contendo cobertura vegetal
Fonte: AGUIAR, 2017

3.2.2 Erosão Laminar ou Superficial

Segundo EL-SWAIFY *et. al.*, 1982, o processo de erosão laminar pode ser entendido como algo que ocorre de modo natural, tendo sua atuação ao longo dos declives, moldando o relevo. Neste dado processo, ocorre um rompimento do

equilíbrio, a intensidade e ocorrência da erosão laminar está significativamente atrelada e influenciada pelo uso do solo, como pastoreio por exemplo, e às suas condições naturais. A aceleração deste processo pode se dar através do manuseio excedente do homem, ocasionando em tensões e desequilíbrio do meio.

As erosões podem ser classificadas em lineares (que englobam os sulcos, ravinas e voçorocas), ou laminares. O escoamento superficial difundido ocasionado pelas gotas de chuva causando impacto no solo, junto à incapacidade da água de se infiltrar, promove o início do escoamento laminar. A atuação do processo se dá pela superfície do solo ser “lavada” e conseqüentemente provocar o deslocamento de partículas do solo (SOUZA, *et. al.*, 2014).

Conforme BIGARELLA e MAZUCHOWSKI (1985, *apud* SOUZA, *et. al.*, 2014) a erosão laminar resulta-se na erosão em sulcos, sendo capaz de principiar-se também através de intensas precipitações.

3.2.3 Erosão em Sulcos e Ravinas

A erosão em sulcos provém do processo de erosão hídrica sendo reconhecida pela alteração do escoamento. A fase inicial se dá pelos entressulcos, o que acarreta na concentração deste processo, originando pequenas cavidades no solo, conhecidas como sulcos. Este tipo de erosão faz com que ocorra a expansão de espessura, através da capacidade da lâmina de escoamento desenvolver um aumento na tensão de cisalhamento, o que conseqüentemente aumenta a capacidade de desagregação do solo (CANTALICE, *et. al.*, 2005). A formação dos sulcos é caracterizada como a segunda fase da erosão hídrica em que o comportamento do escoamento superficial se modifica (LAFAYETTE, *et. al.*, 2011).

Devido à dificuldade na concepção e reconhecimento deste tipo de processo erosivo, a erosão em sulcos é apontada como uma das mais perigosas (FRENDRICH *et. al.*, 1991, *apud* FERNANDES, 2011).

Os sulcos de erosão expressam alterações morfológicas no que diz respeito ao tempo e espaço. As paredes dos sulcos possuem variação de geometria ligada à medida em que ocorre os processos erosivos, o que resulta em modificações nas

particularidades do escoamento a níveis hidráulicos, favorecendo o desenvolvimento dos sulcos conforme a figura 3 (LEI, *et. al.*, 1998).

O potencial de ocorrência dos sulcos possui dependência relacionada às características pluviométricas, como por exemplo, a erosividade, e a energia cinética, às características do solo, e das particularidades da superfície, como o tipo de vegetação e declividade (FREITAS, *et. al.*, 2008).

Há uma diferença entre as definições de sulcos e ravinas, sendo as mais aplicadas através de suas particularidades dimensionais. São consideradas ravinas quando esta possui a fissura medindo em sua largura e profundez até 50 cm (FERNANDES, 2011). Já os sulcos, conforme CAMAPUM *et. al.*, (2006) correspondem a uma fissura de até 10 cm de profundez.



Figura 3: Formação de Sulcos

Fonte: BASTOS, 1999, *apud* FERNANDES, 2011

As ravinas, como apresenta a figura 4, são o resultado da expansão do dimensionamento do raio hidráulico, pela atividade de cisalhamento do escoamento, em uma área já afetada por erosão em sulcos. A principal, diferença das ravinas para as voçorocas é a ausência de escoamento superficial, sendo a erosão em sulcos e erosão em ravinas dotadas pelo mesmo comportamento de erosão superficial. O fator de erodibilidade nos sulcos/ravinas é caracterizado pela

vulnerabilidade de fragmentação por meio do escoamento superficial centralizado (LAFAYETTE, *et. al.*, 2011).



Figura 4: Erosão em Ravinas
Fonte: BASTOS, 1999, *apud* FERNANDES, 2011

3.2.4 Voçorocas

Conforme BASTOS, (1999, *apud* FERNANDES, 2011) a palavra “voçoroca” provém do Tupi-Guarani “*mboso ‘roka*”, e possui seu significado como romper.

As voçorocas podem ser caracterizadas como processos erosivos contendo um alto desnível, envolvido por declives com inclinação aproximada à vertical, que se ampliam próximo as cabeceiras em razão da erosão de modo retrógrado e se estreitam ao mesmo nível do trajeto do curso d’água. Este processo influencia na perda de solos, e são considerados os processos erosivos com maior escala, tendo como resultado um maior dano a níveis econômicos, ambientais e sociais. Para se obter informações necessárias para mitigação ou ações corretivas em áreas de voçorocas, faz-se necessário o reconhecimento da área de forma mapeada e monitorada, no próprio local, ou utilizando sensoriamento remoto, sendo este

procedimento o mais sugestivo, devido à ida ao local necessitar de instalação de equipamentos em partes das voçorocas, o que ocasiona o avanço da fragilidade do solo (TEDESCO *et. al.*, 2014).

De modo geral, voçoroca, como pode ser observado na figura 5, é um processo provocado pelo desenvolvimento acelerado de sulcos e ravinas, e pelas águas subterrâneas, ou águas superficiais que penetram até uma camada menos permeável, onde se concentram permitindo a locomoção de modo horizontal (TOMASI, 2015).

Segundo GUERRA (2003, *apud* FERNANDES, 2011) quanto a caracterização dimensional, considera-se voçorocas uma fissura de largura e profundez maiores que 30 cm e 60 cm respectivamente.



Figura 5: Reconhecimento de Áreas de Voçoroca no Local de Estudo
Fonte: Autora, 2018

Para BIGARELLA e MASUCHOWSKI (1985, *apud* FERNANDES, 2011) a voçoroca progride através da relação do nível do lençol freático e erosão interna, gerando aberturas no formato de concha, evoluindo para galerias, e por fim o deslizamento do solo. As evoluções citadas acima são apresentadas na figura 6.

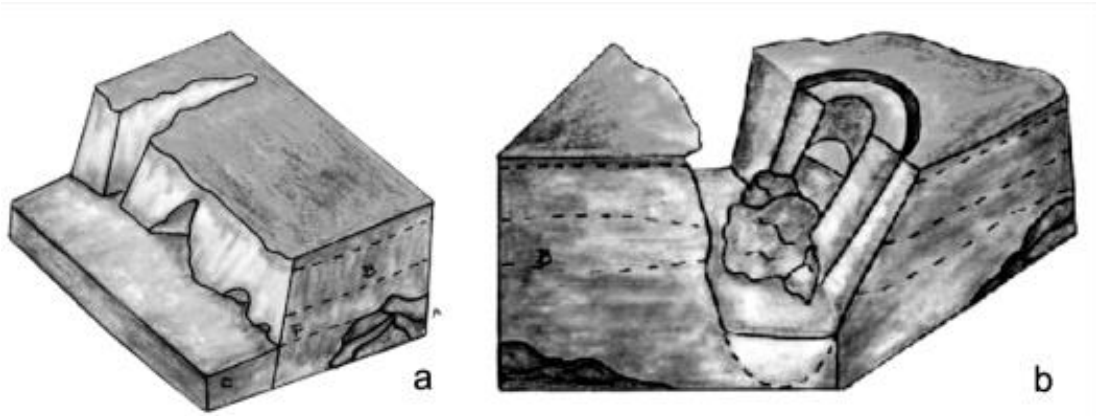


Figura 6: Desenvolvimento de uma Voçoroca Erosão Interna e Deslizamento das Extremidades
Fonte: BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985, *apud* FERNANDES, 2011

3.3 Influência da Urbanização nos Processos Erosivos

A erosão em níveis antrópicos é um fator que causa impactos a amplas áreas, tendo a degradação do solo como um problema em alguns casos impossibilitando o mesmo de retornar às suas características e condições originais, devido à uma cadeia de processos, como a aceleração do processo de desertificação, compactação, salinização, redução da matéria orgânica, diminuição da fertilidade do solo e da biodiversidade, e acidificação (EMBRAPA, 2011).

De acordo com o grau de intervenção humana e questões genéticas, os recursos naturais são frágeis e necessitam de um cuidado mais aperfeiçoado, de preservação, e uso consciente do mesmo. Inicialmente não influenciados pelas ações antrópicas os recursos naturais atuavam de maneira dinâmica e com estabilidade, porém devido às excessivas intervenções humanas este cenário mudou (ROSS,1990).

Em áreas urbanas existe uma relação de meio ambiente e sociedade gerenciado por responsáveis sociais, a relação em questão causa interferência no desempenho original do meio ambiente, por exemplo, em processos morfológicos, composição do solo, dinamismo das atividades hídricas, etc. Esta interferência, resulta em diversos problemas ambientais, como o assoreamento de corpos hídricos, processos erosivos, e mudanças nas formas de relevo, assim como atua diretamente na mudança de paisagens naturais (PEDRO CORREIA, 2008).

A relação entre os impactos gerados pela urbanização está proporcionalmente atrelada a apropriação e ocupação do relevo, principalmente de modo desenfreado, ocasionado pela falta de importância dada aos processos naturais quando por exemplo um loteamento é realizado, o que facilita o aparecimento de impactos significativamente negativos (SILVA, 2016).

O âmbito da construção civil cresce de maneira considerável ao longo dos anos, este crescimento pode ser evidenciado particularmente em grandes centros urbanos, o que ocasiona no aumento de sérios impactos ao meio ambiente, inundações e enchentes no meio urbano, devido ao assoreamento de cursos d'água. A urbanização favorece modificações naturais de escoamento de águas pluviais por meio de um alto nível de impermeabilização, conseqüentemente a impossibilidade ou redução de infiltração da água no solo, e aumento na aceleração com que a água chega aos corpos hídricos. Apesar de não ser o único fator causador de impactos ambientais significativos, a construção civil se torna contributiva por causa de sua relação a negligência no que diz respeito ao monitoramento de obras, por desintegração e perda de solo, e uso de processos de drenagem ineficazes, especialmente em fases preliminares como a escavação (ROSA POZZER, 2013).

3.4 Ensaio de Inderbitzen

De acordo com BASTOS *et. al.*, (1999, *apud* NAGEL, 2015) o ensaio de Inderbitzen, igualmente conhecido como erosômetro (FERNANDES, 2011), teve sua proposta original por Inderbitzen em 1961, obtendo um ensaio simples por escoamento de canalizações, sua aplicação emitida no meio geotécnico se deu através dos projetos do LNEC que ocorreu no ano de 1960, e por meio da pesquisa intitulada “Estabilidade de Taludes” pelo IPR/COPPE/TRAFECOM o mesmo foi incluído no Brasil.

O ensaio de Inderbitzen, é o mais aplicado no campo geotécnico, cujo o objetivo é a avaliação da erodibilidade. Conforme a figura 7, pode-se observar o equipamento de Inderbitzen de modo detalhado e original (BASTOS, 2004).



Figura 7: Equipamento de Inderbitzen Original
Fonte: NAGEL, *et. al.*, 2015

O equipamento de Inderbitzen foi moldado e ajustado por BASTOS em 1999, contém uma rampa metálica hidráulica, possuindo uma perfuração circular no centro da rampa, no qual é introduzida a amostra de solo envolta por um anel de PVC chanfrado. A rampa é dotada de uma variante inclinação de 0° a 54° , que proporciona a simulação das condições naturais em que o solo está exposto, evidenciando condições variadas de uma encosta (NAGEL, *et. al.*, 2015).

Inúmeros autores tais como SANTOS (1997), BASTOS (1999), efetuaram diversas alterações e atualizações visando a melhoria, eficácia, e correções do ensaio, assim como sua praticidade, tendo como exemplo as mudanças de FÁCIO (1991), que tornou possível a realização de 3 ensaios conjuntamente, através da projeção e construção de um novo modelo, contendo modificações nas medidas da rampa metálica que mudou de 1,00 m para 1,30 m, e também no diâmetro das amostras por meio da atenuação do mesmo, de 0,152 m para 0,10 m (FÁCIO, 1991 *apud* CAMAPUM, *et. al.*, 2006).

O objetivo do ensaio é de forma aproximada, simular o escoamento superficial no solo, possibilitando o controle de variáveis: tempo do ensaio, vazão do curso

d'água, ângulo da rampa, e características do solo, como por exemplo, seu teor de umidade, obtendo resultados distintos (FERNANDES, 2011).

O ensaio se dá através da simulação da ação da chuva em um solo exposto, possibilitando a medição da influência do escoamento superficial e desagregação de partículas do solo atrelado ao impacto da água, através da taxa de perda de solo (BASTOS, *et. al.*, 2000). O experimento em questão viabiliza a simulação das particularidades do meio que possuem intervenção nos processos erosivos, porém não é uma sistemática que dispõe de regulamentos específicos, o resumindo em um conjunto de fatores de avaliações a níveis numéricos, visuais e comportamentais das amostras, tendo em vista as condições previamente planejadas (AGUIAR, 2017).

4 METODOLOGIA

4.1 Descrição e Classificação da Pesquisa

A pesquisa em questão possui caráter metodológico de origem básica, como demonstra o fluxograma na figura 8, visto que a mesma necessita da obtenção de dados para se fundamentar, possui ainda abordagem qualitativa de maneira a efetuar a comparação dos dados. No que se refere ao objetivo, a pesquisa se trata de exploratória explicativa, e aos procedimentos refere-se à experimental, devido ao trabalho em campo, e controle de variáveis.

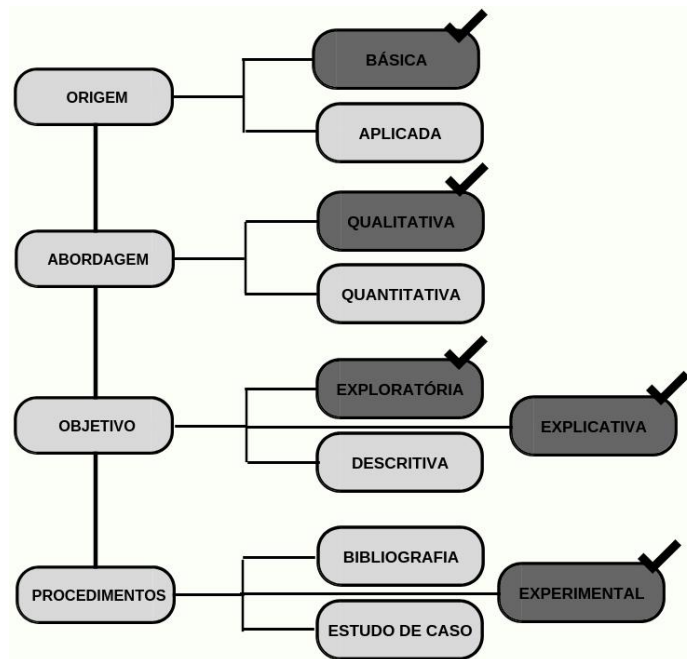


Figura 8: Fluxograma de Classificação da Pesquisa
Fonte: Autora, 2018

4.2 Área de Estudo

O município de Volta Redonda possui limites ao oeste, norte e noroeste com o Município de Barra Mansa, Rio claro e Barra Mansa limitam-se a sudeste, Piraí e Pinheiral ao sudeste, sul e leste, e Barra do Piraí e Piraí a nordeste, contendo as

coordenadas geográficas 22° 23' a 22° 40' que representam latitude Sul e 44° a 44° 12' correspondendo a longitude Oeste (DIAS, *et. al.*, 2005).

Localiza-se no Médio Vale Paraíba do Sul como pode ser visto no mapa na figura 9, contém clima tropical mesotérmico, a temperatura média estabilizada em 21,4°C, e anualmente uma taxa pluvial em torno de 1.350 milímetros, sua formação se predomina de pastagens com áreas de floresta limitadas à espaços disseminados e destacados, que se concentram ao norte à exceção da Reserva da Cicuta. O local em questão prejudicou-se devido a devastação da Mata Atlântica em razão da progressão da cafeicultura durante o século XIX, a retirada da cobertura vegetal assim como o processo de afastamento e negligência aos cafezais contribuiu para o crescimento dos processos erosivos e processos de agrupamento de sedimentos em vales e encostas, que podem ser identificados através dos pólenes denominados aluviais tecnogênicos e coluviais, e das idades radiocarbono (PINTO, *et. al.*, 2006).



Figura 9: Região Médio Paraíba do Sul

Fonte: TCE/RJ, 2002

Outro marco no histórico do aumento de processos erosivos em Volta Redonda, foi a construção da Companhia Siderúrgica Nacional – CSN na década de 40, o que gerou inúmeras mudanças no âmbito urbano e rural, e ampliação de

idades por toda a extensão da BR – 116 - Rodovia Presidente Dutra (MELLO, 2006).

4.2.1 Resumo Geomorfológico

Do ponto de vista da ascensão geológica e geomorfológica da região do Vale Paraíba do Sul, o desenvolvimento da Serra da Mantiqueira e Serra do Mar foi o principal fator ocasionador desta evolução (PELECH, 2013).

Segundo AMADOR & CASTRO (1976, *apud* PELECH, 2013), a bacia do Médio Vale Paraíba do Sul possui seus depósitos em dois elementos mais relevantes chamados de camadas terciárias pré-Formação Volta Redonda e Formação Volta Redonda, tendo suas composições respectivamente em arenitos fluviais, e arenitos feldspásticos e argilitos originados fluvialmente.

Realizou-se uma revisão na bacia em níveis estratigráficos, e obteve-se as unidades: Formação Ribeirão dos Quatis tendo características principais em depósitos conglomeráticos, Formação Resende apresentando características relevantes de deposição paleogênica, Basanito Casa de Pedra com particularidades representadas por rochas ultrabásicas alcalinas, Formação Pinheiral apresentando sedimentação pelítica, conglomerados e arenitos estratificados, Sedimentos Neogênicos dispendo de depósitos areno-argilosos, e por fim Sedimentos Quaternários que possuem suas características como depósitos coluviais (SANSON, 2006, *apud* PELECH, 2013).

4.2.2 Reconhecimento da Área

A área de estudo se localiza no Morro Santa Clara/Parque Vitória – Três Poços/Volta Redonda, e dispõe das seguintes coordenadas UTM indicadas no quadro 1:

Quadro 1: Coordenadas UTM

X	Y
1º - 598380.775493	7511877.853523
2º - 598611.085516	7511866.042753
3º - 598518.764181	7511691.833889
4º - 598724.764181	7511731.695239

Fonte: GURGEL JÚNIOR, 2007

Apresenta características pedológicas de área de terraço fluvial e cobertura colúvio-aluvial tendo predominância em depósito sedimentar, a área que pode ser observada por imagem de satélite conforme a figura 10 se localiza ao Nordeste e possui 37.135,91 m² (GURGEL JÚNIOR, 2007).



Figura 10: Morro Santa Clara – Três Poços/Volta Redonda

Fonte: Google Earth

4.3 Caracterização do Solo

A execução da caracterização do solo apoia-se a NBR 6457/86 que diz respeito à preparação de amostra de solo para fins de caracterização e compactação. O quadro 2 apresenta os materiais utilizados neste processo.

Quadro 2: Aparelhagem para Caracterização do Solo

APARELHAGEM UTILIZADA:
Almofariz
Balança
Agitador
Bandejas Metálicas
Peneiras (10, 20, 30, 40, 100 e 200)

Fonte: Autora, 2018

Dadas as seguintes etapas e cuidados para realização dos ensaios:

- Se dirigir até o local para o reconhecimento da área, e escolha do local de amostragem;
- Retirar cinco amostras de solo contendo 5 kg cada uma, na área a ser analisada mediante a batelada, tendo o devido cuidado para a não retirada de amostras em locais com grande quantidade de matéria orgânica, existência de formigueiro, ou a presença de raízes muito próximas, as figuras 11 e 12 demonstram os locais apropriados escolhidos (EMBRAPA, 2014).



Figura 11: Primeiro Local de Retirada de Amostra
Fonte: Autora, 2018



Figura 12: Segundo Local de Retirada de Amostra
Fonte: Autora, 2018

- Transportar as amostras até o laboratório de geotecnia, onde estas ficarão em estado de retirada de umidade do solo (secagem prévia) de forma natural, (secagem ao ar livre), como constatam as figuras 13 e 14;



Figura 13: Secagem – Solo 1
Fonte: Autora, 2018



Figura 14: Secagem – Solo 2
Fonte: Autora, 2018

- Definir as informações relevantes do solo por meio de ensaios técnicos no laboratório de geotecnia, criando um perfil para o solo, como suas características físicas, ensaio este, composto pelas fases de:
- Destorroamento dos grãos a fim de obter a homogeneização da amostra, e remoção de galhos, raízes, ou possíveis “sujeiras” encontradas no solo, como apresenta a figura 15:



Figura 15: Homogeneização das Amostras de Solo
Fonte: Autora, 2018

- Quarteamento das amostras, atentando-se a quantidade suficiente de amostra para o ensaio (aproximadamente 100 g);
- Granulometria: Peneiramento das cinco amostras de solo nas peneiras 10, 20, 30, 40, 50, 100 e 200, logo após uso do agitador por cinco minutos conforme a figura 16, e pesagem, obtendo os resultados das tabelas de granulometria e elaboração das curvas granulométricas.



Figura 16: Agitador de Amostras
Fonte: Autora, 2018

4.4 Construção do Equipamento de Inderbitzen Modificado

O equipamento foi modificado utilizando materiais recicláveis, como canos de PVC 3/4 e grelhas metálicas, como pode ser visto na figura 17.



Figura 17: Materiais Recicláveis Utilizados
Fonte: Autora, 2018

A proposta da construção do equipamento de modo simplificado iniciou-se segundo as especificações de FREIRE, 2001, *apud* SILVA, *et. al.*, 2014, baseando-se nas vistas apresentadas nas figuras 18, 19 e 20.

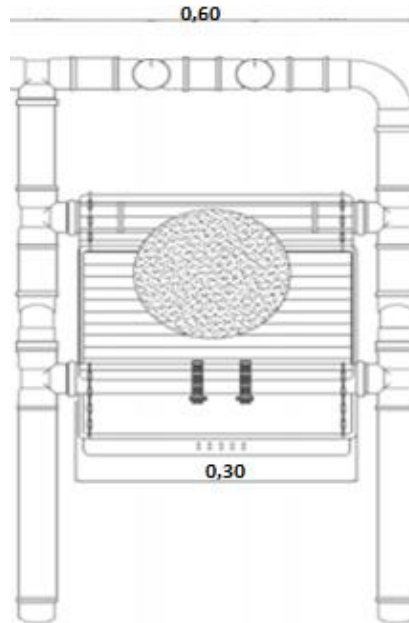


Figura 18: Vista Frontal
Fonte: SILVA, *et. al.*, 2014

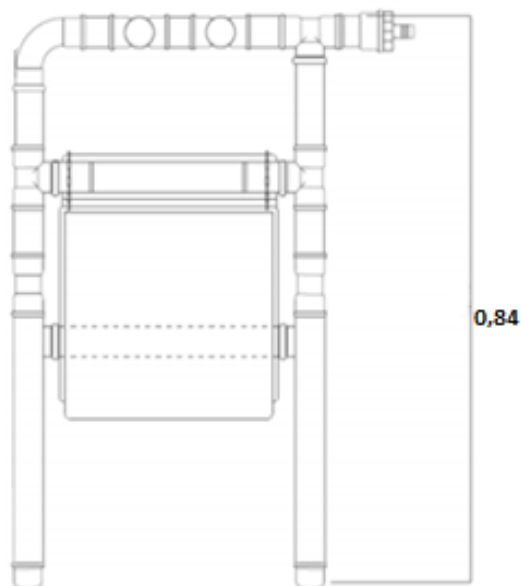


Figura 19: Vista Posterior
Fonte: SILVA, *et. al.*, 2014

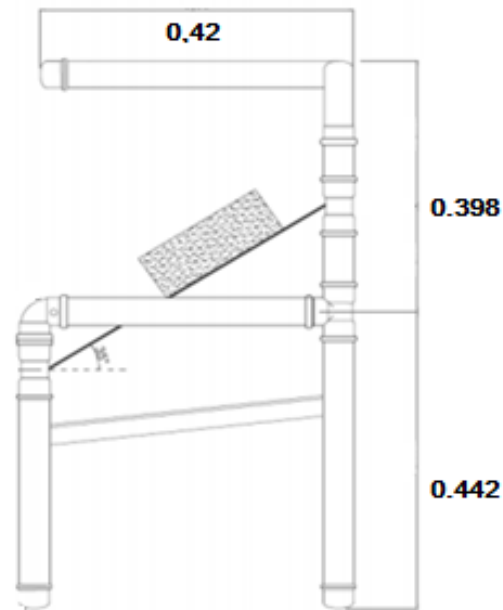


Figura 20: Vista Lateral
Fonte: SILVA, *et. al.*, 2014

Na figura 21 pode-se observar a primeira parte da elaboração do equipamento, que consiste na montagem e junções das peças ao PVC. Logo após nas figuras 22 e 23 apresentam-se a parte final da montagem do equipamento. Particularmente, foi realizada uma modificação quanto à entrada dupla para instalação da parte de simulação da chuva inicialmente sugerido por FREIRE, 2001, *apud* SILVA, *et. al.*, 2014, convertendo assim, para apenas uma entrada para instalação do chuveiro.



Figura 21: Construção da Primeira Parte do Equipamento de Inderbitzen Simplificado
Fonte: Autora, 2018



Figura 22: Parte Final do Equipamento de Inderbitzen
Fonte: Autora, 2018



Figura 23: Parte Final do Equipamento de Inderbitzen
Fonte: Autora, 2018

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Granulometria e Curvas Granulométricas

Os primeiros resultados foram obtidos por meio da realização do ensaio de caracterização física das cinco amostras de solo, levando em consideração a adequada preparação das amostras, baseando-se na NBR 6457/86, abordando a granulometria do solo. Obtendo as porcentagens retidas por peneiramento, utilizando as peneiras 10, 20, 30, 40, 50, 100 e 200 conforme indicado na NBR 2395/97, desta forma, criando as curvas granulométricas apresentadas nos gráficos 1, 2, 3, 4 e 5, das amostras de solo 1, 2, 3, 4 e 5 respectivamente, demonstrando um solo de característica arenosa justificando-se na NBR 6502/95, que caracteriza como areia partículas de rocha/solo entre 0,006 mm e 2,0 mm.

Gráfico 1: Curva Granulométrica Solo 1

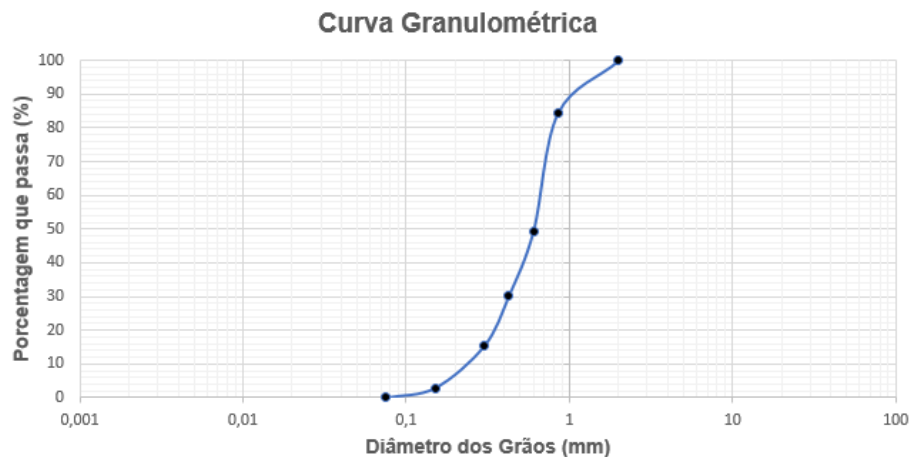


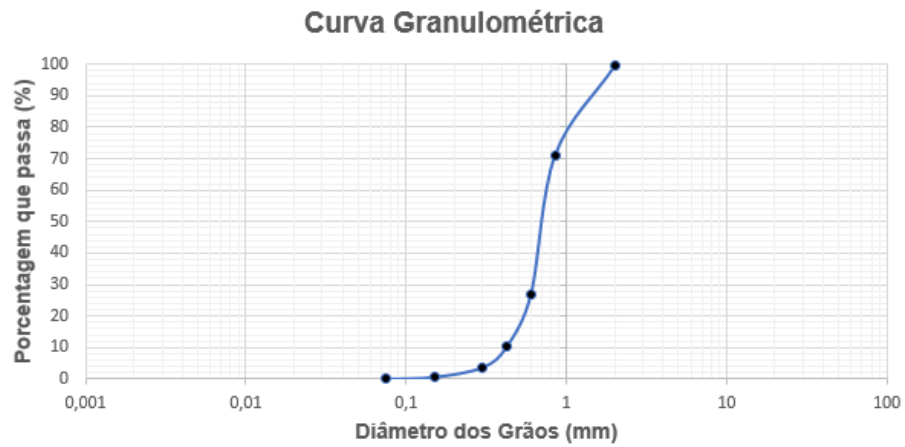
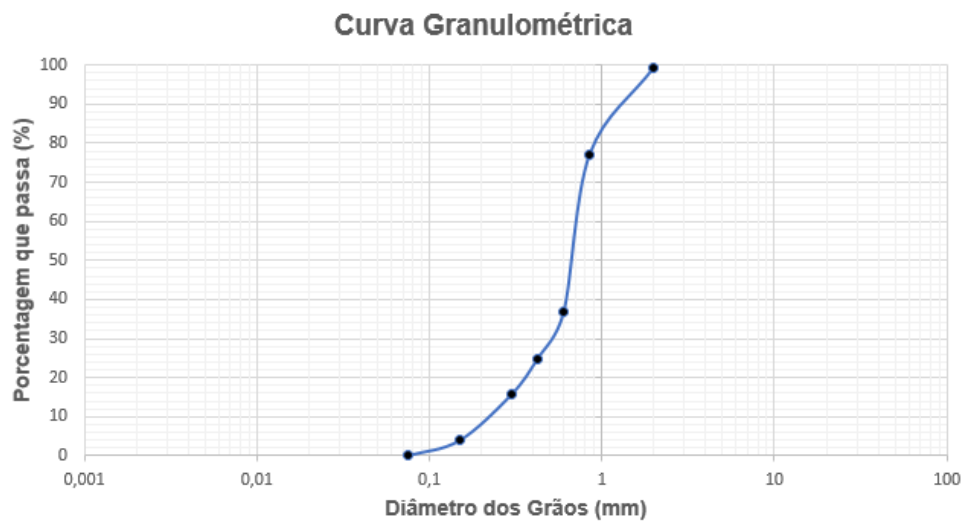
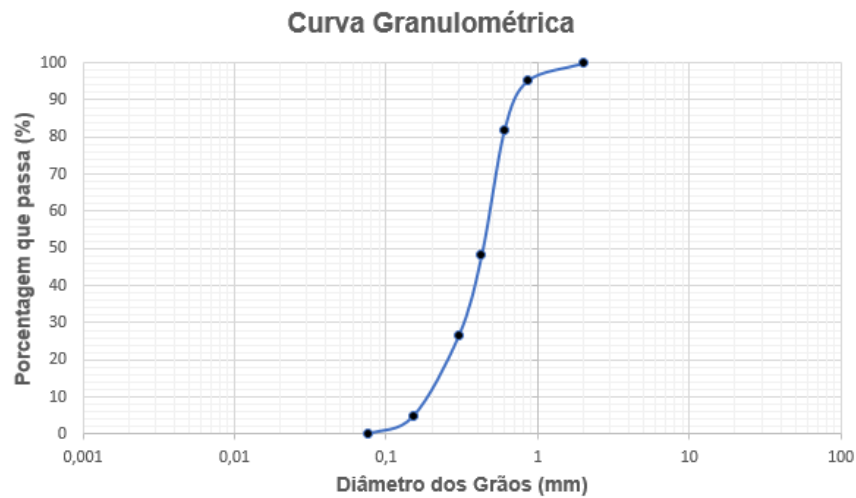
Gráfico 2: Curva Granulométrica Solo 2**Gráfico 3:** Curva Granulométrica Solo 3**Gráfico 4:** Curva Granulométrica Solo 4

Gráfico 5: Curva Granulométrica Solo 5

5.2 Ensaio de Inderbitzen

Com relação ao ensaio de Inderbitzen, o mesmo foi realizado também usando as 5 amostras de solo fundamentando-se na NBR 9604/86 quanto aos critérios de amostragem, nos mesmos locais de retirada das amostras para caracterização do solo, respectivamente. A primeira parte de preparação do ensaio constituiu-se na pesagem das amostras de solo envolto pelo anel de PVC, na qual se originou a tabela 3, e pela medição da vazão do chuveiro, através da contagem do tempo em que o chuveiro leva para encher a proveta de 1L, de acordo com a figura 24, na qual resultou em uma vazão de $Q = 5,8$ l/min, e a medição da altura entre a face da amostra e o chuveiro que foi de 34 cm.

Tabela 1: Peso das Amostras Antes do Ensaio

Fonte: Autora, 2018

Solo	Peso (g)	Peso Desconsiderando o Anel de PVC (g)
1	1718,80	1440,18
2	1069,32	790,7
3	1570,97	1292,35
4	1475,99	1197,37
5	1404,67	1126,05



Figura 24: Medição de Vazão do Chuveiro
Fonte: Autora, 2018

Inicialmente o ensaio foi elaborado para realização da simulação do efeito salpico e carreamento de partículas de solo, por meio do impacto da água com a amostra em 4 tempos distintos (5 minutos, 10 minutos, 20 minutos e 30 minutos) fazendo a troca de peneiras de 200 mm, em cada seguimento de tempo. A primeira amostra utilizada para o ensaio, com a vazão citada anteriormente, foi a amostra do solo 2, apresentada na figura 25. Porém, devido a fragilidade de agrupamento do solo no anel de PVC e também a vazão relativamente alta, considerando a inclinação da grelha e fragilidade citada, a amostra manteve-se relativamente em condições de continuação do ensaio por apenas 1 minuto e 11 segundos, impossibilitando a continuação do ensaio, e demonstrando indícios significativos quanto a fragilidade do solo.



Figura 25: Amostra 2 Ensaio de Inderbitzen
Fonte: Autora, 2018

Sendo assim, a vazão foi modificada e reduzida através do controle da torneira, e novamente realizou-se a medição da mesma em $Q= 1,96$ l/min, com o intuito de maior preservação da amostra e menor agressividade da água em contato com a mesma, para possibilitar a realização do ensaio nos 4 tempos estimados (5 minutos, 10 minutos, 20 minutos e 30 minutos).

A amostra utilizada para a nova vazão estimada ($Q= 1,96$ l/min) foram as do solo 3 e 4, e decidiu-se realizar o ensaio com o anel de PVC para melhor agrupamento da estrutura da amostra como pode-se observar na figura 26.



Figura 26: Ensaio de Inderbitzen Amostra 3
Fonte: Autora, 2018

Posto isto, determinou-se uma nova vazão de $Q = 1,63 \text{ l/min}$ a fim de aumentar o tempo de exposição das amostras a ação da água, propiciando a realização do ensaio completo, nos 4 tempos determinados. Deste modo, utilizou-se as amostras 1 e 5 para o ensaio com esta dada vazão.

As amostras obtiveram os seguintes resultados:

O solo 1 mostrou-se mais estruturado em níveis de aglomeração, com isso possibilitando a realização do ensaio em 3 seguimentos de tempo (5 minutos, 10 minutos, 20 minutos) até o seu rompimento em 26 minutos.

Por sua vez, o solo 2 teve seu comportamento bem frágil em níveis de aglomeração, suportando apenas 1 minuto e 10 segundos de ensaio.

A amostra de solo 3 manteve-se nos seguimentos de tempo de 5 minutos, 10 minutos, atingindo seu rompimento em 11 minutos.

O solo 4 sustentou-se em 03 minutos e 23 segundos de ensaio.

E por fim, a amostra de solo 5 obteve 3 seguimentos de tempo, em 05 minutos, 10 minutos e seu rompimento em 14 minutos.

Originando a tabela 4 que apresenta os seguimentos de tempo suportados pelas amostras, atrelado ao peso seco (estufa à 110°C por 24 horas) de solo retido nas peneiras.

Tabela 2: Resultados Ensaio de Inderbitzen
Fonte: Autora, 2018

Solo 1	
Seguimento de Tempo	Peso Seco (estufa) (g)
5 minutos	314,31
10 minutos	657,66
20 minutos	983,77
26 minutos	1556,32
Solo 2	
1 minuto e 10 segundos	627,93
Solo 3	
5 minutos	427,31
10 minutos	1017,13
11 minutos	1470,45
Solo 4	
3 minutos e 23 segundos	1005,34
Solo 5	
5 minutos	314,30
10 minutos	751,64
14 minutos	1625,18

Mesclando os resultados das tabelas 3 e 4, apresenta-se a tabela 5 com a porcentagem de erosão de cada amostra de solo.

Tabela 3: Resultados Ensaio de Inderbitzen

Fonte: Autora, 2018

Amostra	Peso Inicial da Amostra (kg)	Peso de Amostra Erodida Após o Ensaio (kg)	% de Erosão	Diagnóstico
1	1,44	0,551	38,3%	PE
2	0,791	0,300	37,9%	PE
3	1,29	0,644	49,9%	PE
4	1,97	0,678	34,4%	PE
5	1,13	0,570	50,4%	PE

Legenda: PE – Potencial Erosivo; BPE – Baixo Potencial Erosivo

6 CONCLUSÕES

Consoante a atual preocupação com o meio ambiente em geral, o solo é um recurso natural de importância significativa para o meio ambiente como um todo, visto que o mesmo é necessário de diversos modos em difere, apesar de sua devida importância, é um recurso que sofre intensas modificações e degradações de ordens físicas, químicas e biológicas. As intervenções antrópicas empobrecem o solo, causando inúmeros impactos negativos para o meio e entorno. Desta forma, cria-se a necessidade de uma maior atenção para aspectos relativos ao desenvolvimento de técnicas e aprimorações referentes à preservação, prevenção através de medidas diligentes, e assim proporcionar melhorias para possíveis ações mitigadoras.

A presente monografia teve como intuito apresentar do ponto de vista ambiental e econômico, um viável desenvolvimento no que diz respeito à identificação dos níveis de erodibilidade de solos apresentando processos de erosão, uma vez que progressivamente diversas áreas vem sofrendo com o manejo incorreto do solo, propiciando problemas em níveis sociais e econômicos, criando a necessidade de uma maior atenção à metodologias e ensaios expeditos, para proporcionar melhor desempenho e agilidade referente a identificação de níveis de erosão.

6.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

Sugere-se a instalação de um rotâmetro próximo à entrada de água para o melhor controle de uma vazão baixa, a fim da preservação da amostra e que a estrutura de agrupamento do solo não rompa até o fim do ensaio. Recomenda-se ainda a troca do chuveiro por um tubo com orifícios criando um sistema de gotejamento a que FREIRE, 2001, *apud* AGUIAR, 2017 se refere apresentado na figura 27.



Figura 27: Sistema de Gotejamento
Fonte: FREIRE, 2001, *apud* AGUIAR, 2017

Outra sugestão seria a questão do processo de coleta e acondicionamento das amostras de solo para o ensaio de Inderbitzen, a fim das mesmas perderem menor umidade das condições naturais possíveis, efetuando sua conservação de modo eficaz, envolvendo-as com papel filme plástico, por exemplo, e as transportando e reservando-as em caixas de isopor. Recomenda-se ainda que o anel de PVC de retirada de amostras para o ensaio de Inderbitzen seja do tamanho exato da amostra, em questão da altura, a fim de que o lado da face tenha contato direto com a ação das gotas, e a parte inferior possua estabilidade na grelha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Tamires Cunha de. **Análise do Potencial de Erodibilidade de um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico da Sub Bacia do Rio Mutum – Paraná: Ensaios Inderbitzen, 2017.** Disponível em <<http://www.posgeografia.unir.br/uploads/99999999/dissertacoes/MESTRADO/TURMA%202015%202/DISSERTACAO%20TAMIRES%20CUNHA%20DE%20AGUIAR.pdf>> Acesso em 28 de Outubro, 2018.

ALMEIDA, Nadjacleia Vilar; CUNHA, Sandra Baptista; NASCIMENTO, Flávio Rodrigues. **A cobertura Vegetal e sua Importância na Análise Morfodinâmica da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá – Nordeste do Brasil/Paraíba, 2012.** Disponível em <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/1953>> Acesso em 28 de Outubro, 2018.

ARAGÃO, Ricardo de; ALMEIDA, José A. P. de; FIGUEIREDO, Eduardo E. de; SRINIVASAN, Vajapeyam S.. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.7: Mapeamento do Potencial de Erosão Laminar na Bacia do Rio Japaratuba, SE, Via SIG, 2011.** Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n7/v15n07a12.pdf>> Acesso em 03 de Outubro, 2018.

BASTOS, Cezar Augusto Burkert; MILITITSKY, Jarbas; GEHLING, Wai. **A avaliação da Erodibilidade dos Solos Sob o Enfoque Geotécnico – Pesquisas e Tendências, 2000.** Disponível em <<http://repositorio.furg.br/handle/1/1471>> Acesso em 02 de Novembro, 2018.

BASTOS, Cezar Augusto Burkert. **Estudo Geotécnico Sobre a Erodibilidade de Solos Residuais não Saturados, 2004.** Disponível em <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2978/000242000.pdf?sequence=1>> Acesso em 16 de Setembro, 2018.

CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro, 2006.** Disponível em <<https://www.geotecnia.unb.br/publicacoes.php?id=22>> Acesso em 08 de Agosto, 2018.

CANTALICE, José Ramon Barros; CASSOL, Elemar Antonino; REICHERT, José Miguel; BORGES, Ana Luiza de Oliveira. **Hidráulica do Escoamento e Transporte de Sedimentos em Sulcos em Solo Franco – Argilo – Arenoso, 2005**. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbcs/v29n4/26108.pdf>> Acesso em 18 de Setembro, 2018.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. **Plantas de Cobertura no Controle das Perdas de Solo, Água e Nutrientes por Erosão Hídrica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000600007&lng=pt&tlng=pt> Acesso em 28 de Outubro, 2018.

DEBORTOLI, Nathan dos Santos. **O regime de Chuvas na Amazônia Meridional e sua Relação com o Desmatamento, 2013**. Disponível em <https://adaptccsite.files.wordpress.com/2016/11/2013_nathandossantosdebortoli.pdf> Acesso em 02 de Novembro, 2018.

DIAS, José Eduardo; GOMES, Olga Venimar de Oliveira; REZENDE, Aline de Souza; SALLES, Rodrigo do Reis; GÓES, Maria Hilde de Barros. **Áreas Críticas de Erosão do Solo no Município de Volta Redonda – RJ, 2005**. Disponível em <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/15462/8752>> Acesso em 29 de Agosto, 2018.

EL-SWAIFY, S.A.; DANGLER, E.W.; ARMSTRONG, C.L. **Soil erosion by water in the tropics. Honolulu: College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, 1982. 173 p.** Disponível em <<https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/10125/25540/1/RES-024.pdf>> Acesso em 16 de Setembro, 2018.

EMPRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Controle dos Processos Erosivos Lineares (Ravinas e Voçorocas) em Áreas de Solos Arenosos, 2011**. Disponível em <http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular_22.pdf> Acesso em 19 de Junho, 2018.

EMPRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Amostragem e Cuidados na Coleta de Solo para Fins de Fertilidade, 2014**. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117075/1/Doc-115.pdf>> Acesso em 19 de Novembro, 2018.

FERNANDES, Jozélia Assunção. **Estudo da Erodibilidade de Solos e Rochas de uma Voçoroca em São Valentim, RS, 2011.** Disponível em <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7774/FERNANDES,%20JOZELIA%20ASSUNCAO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 02 de Outubro, 2018.

FREITAS, Francisco José de; CANTALICE, José Ramon Barros; BEZERRA, Sandro Augusto; SILVA, Maria Daniela Rodrigues de Oliveira; SANTOS, Paulo Medeiros dos; CORREA, Rossini Matos; LIMA, Priscila Alves; FIGUEIRA, Sandro Barbosa. **Erosão Entressulcos Sob Caatinga e Culturas Agrícolas, 2008.** Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n4/a39v32n4.pdf>> Acesso em 02 de Outubro, 2018.

GOOGLE EARTH. **Imagens de Satélite.** Disponível em <<https://earth.app.goo.gl/AUa7j>> Acesso em 19 de Junho, 2018.

GURGEL JÚNIOR, F. J. **Diagnóstico de Área Degradada, 2007.** Acesso em 18 de Setembro, 2018.

LAFAYETTE, Patrícia Vaz; CANTALICE, José Ramon Barros; COUTINHO, Roberto Quental. **Resistência à Erosão em Ravinas, em Latossolo Argiloarenoso, 2011.** Disponível em <<http://www.redalyc.org/pdf/1802/180221446031.pdf>> Acesso em 03 de Outubro, 2018.

LEI, Tingwu; NEARING, Mark A.; HAGHIGHI, Kamyar; BRALTS, Vincent F.; Rill **Erosion and Morphological Evolution: A simulation Model, 1998. Vol. 34, NO 11, Pp. 3157.** Disponível em <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/98WR02162>> Acesso em 18 de Setembro, 2018.

LIMA, Gabriela Camargos; SILVA, Marx Leandro Naves; CURI, Nilton; SILVA, Mayesse Aparecida da; OLIVEIRA, Ana Hoffmann; AVANZI, Junior Cesar; UMMUS, Marta Eichemberger. **Avaliação da Cobertura Vegetal pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), 2013.** Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n2/20.pdf>> Acesso em 29 de Outubro, 2018.

MANUAL GEOTÉCNICO DER – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. **Manual de Geotecnia: Taludes de Rodovias, Orientação para Diagnóstico e Soluções de Seus Problemas, 1991;** Disponível em <<http://www.der.sp.gov.br/Website/Acessos/Documentos/Geotecnia.aspx>> Acesso em 13 de Março, 2018.

MELLO, Eduardo Vieira de. **Alterações Tecnogênicas em Sistemas Fluviais no Município de Volta Redonda, Médio Vale do Paraíba do Sul Fluminense, 2006.** Disponível em <<http://objdig.ufrj.br/16/teses/679692.pdf>> Acesso em 05 de Agosto, 2018.

NAGEL, Frederico; STORGATTO, Gabriela; BASSO, Luciana; NUMMER, Andrea Valli; PINHEIRO, Rinaldo José Barbosa. **Ensaio Inderbitzen: Estudo da Erodibilidade de Solos e Rochas Sedimentares, 2015.** Disponível em <<https://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/geors2009/2009-nagel-storgatto.pdf>> Acesso em 02 de Outubro, 2018.

NBR 2395/97. **Peneiras de Ensaio e Ensaio de Peneiramento, 1997.** Disponível em <<http://www.abnt.org.br/>> Acesso em 02 de Outubro, 2018.

NBR 6457/86. **Amostras de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização, 1986.** Disponível em <<http://files.ilcoribeiro.webnode.com.br/200000081-91bdd92b8f/NBR%206457.pdf>> Acesso em 02 de Outubro, 2018.

NBR 6502/95. **Rochas e Solos, 1995.** Disponível em <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-6.502-Rochas-e-Solos.pdf>> Acesso em 02 de Outubro, 2018.

NBR 9604/86. **Abertura de Poço e Trincheira de Inspeção em Solo, com Retirada de Amostras Deformadas e Indeformadas, 1986.** Disponível em <<http://files.ilcoribeiro.webnode.com.br/200000079-0dd620ed0b/NBR%209604.pdf>> Acesso em 19 de Novembro, 2018.

PEDRO CORREIA, Leda; **Ambiente e Apropriação dos Compartimentos Geomorfológicos do Conjunto Habitacional Jardim Humberto Salvador e do Condomínio Fechado Damha-Presidente Prudente-SP, 2008.** Disponível em <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/96732>> Acesso em 01 de Outubro, 2018.

PELECH, André Souza. **Balanço Sedimentar Holocênico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Três Poços – Volta Redonda/Pinheiral (RJ), 2013.** Disponível em <<http://objdig.ufrj.br/16/teses/810893.pdf>> Acesso em 02 de Novembro, 2018.

PINTO, S. T.; PEIXOTO, M. N. de O.; MELLO, E. V. de; MOURA, J. R. da S. de. **Análise Temporal de Feições Erosivas e Escorregamentos no Município de Volta Redonda, 2006.** Disponível em <<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/6/9/334.pdf>> Acesso em 18 de Julho, 2018.

RICKSON, R.J., 1995. Simulated vegetation and geotextiles. In: Morgan, R.P.C., Rickson, R.J. (Eds.) **Slope stabilization and erosion control: A bioengineering approach. Granfield University, UK, pp. 95 pp.** Disponível em <[https://books.google.com.br/books?id=eE_X-QnlQrYC&pg=PA456&lpg=PA456&dq=Simulated+vegetation+and+geotextiles.+In:+Morgan,+R.P.C.,+Rickson,+R.J.+\(Eds.\)+Slope+stabilization+and+erosion+control:+A+bioengineering&source=bl&ots=rSXFEBwIGE&sig=m7vgud2xewzJCe8z59jiTO3yhxo&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwiKrPXvk-zdAhVE7FMKHR4cC98Q6AEwAXoECAgQAQ](https://books.google.com.br/books?id=eE_X-QnlQrYC&pg=PA456&lpg=PA456&dq=Simulated+vegetation+and+geotextiles.+In:+Morgan,+R.P.C.,+Rickson,+R.J.+(Eds.)+Slope+stabilization+and+erosion+control:+A+bioengineering&source=bl&ots=rSXFEBwIGE&sig=m7vgud2xewzJCe8z59jiTO3yhxo&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwiKrPXvk-zdAhVE7FMKHR4cC98Q6AEwAXoECAgQAQ)> Acesso em 04 de Setembro, 2018.

ROSA, Fabio Pozzer. **Controle de Erosão e Sedimentação em Sistemas de Drenagem Provisória de Obras Urbanas no Município de São Paulo: Análise de Práticas e Recomendações, 2013.** Disponível em <http://cassiopea.ipt.br/teses/2013_HAB_Fabio_Rosa.pdf> Acesso em 02 de Outubro, 2018.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados, 1990;** Disponível em <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327/51063>> Acesso em 11 de Abril, 2018.

SANT'ANA Kariza Dias Andrade. **Diagnóstico Ambiental do Meio Físico do Campo de Instrução de Santa Maria (CISM), 2012;** Disponível em <http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/dissertacoes_2012/Kariza2012.pdf> Acesso em 11 de Abril, 2018.

SILVA, Alexandre M. da Silva; SCHULZ, Harry E. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3: Redução do Desprendimento das Partículas do Solo Mediante Uso de Resíduos Vegetais de Origem Urbana, 2002.** Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n3/v6n3a26.pdf>> Acesso em 03 de Outubro, 2018.

SILVA, Marx Leandro Naves; CURI, Nilton; MARQUES, João José Granate de Sá e Melo; LIMA, Luiz Antônio; FERREIRA, Mozart Martins; LIMA, José Maria. **Resistência ao Salpico Provocado Por Impacto de Gotas de Chuva Simulada em Latossolos e Sua Relação com Características Químicas e Mineralógicas, 1995.** Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/313472644_Resistencia_ao_salpico_provocado_por_impacto_de_gotas_de_chuva_simulada_em_Latossolos_e_sua_relacao_com_caracteristicas_quimicas_e_mineralogicas> Acesso em 08 de Agosto, 2018.

SILVA, Mayesse Aparecida da; SILVA, Marx Leandro Naves; CURI, Nilton; AVANZI, Junior Cesar; LEITE, Fernando Palha. **Sistemas de Manejo em Plantios Florestais de Eucalipto e Perdas de Solo e Água na Região do Vale do Rio Doce, MG, 2011.** Disponível em <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/4520/3540>> Acesso 20 de Outubro, 2018.

SILVA, Philippe Barbosa Silva; QUIRINO, Gustavo Henrique Almeida; MORAIS, Lisandra Silva de; MELO, Maria Tereza da Silva. **Comparativo da Construção do Equipamento de Inderbitzen Modificado no Brasil e Portugal, 2014.** Disponível em <https://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/cobramseg/2014/599786_80_Comparativo_da_Construcao_do_Equipamento_Inderbitzen_Modificado_no_Brasil_e_Portugal.pdf> Acesso em 08 de Agosto, 2018.

SILVA, Silvanio de Cássio da. **A modificação do Relevo Através da Atividade de Terraplanagem: Uma Análise dos Bairros Nova Ituiutaba I, II, III, e IV na Cidade de Ituiutaba-MG. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 1. Vol. 9. pp 854-872, 2016;** Disponível em <http://www.eng2016.agb.org.br/resources/anais/7/1468269815_ARQUIVO_modificacao_relevo_eng.pdf> Acesso em 13 de Abril, 2018.

SOUZA, Natália da Costa; GIANOTTI, Mariana Abrantes; LAROCCA, Ana Paula Camargo; QUINTANILHA, José Alberto; FILHO, Gerson Salviano de Almeida. **Análise da Associação Entre Características Topográficas e Tipos de Ocorrência de Processos Erosivos ao Longo de Linha Férrea – Estudo de Caso: Malha Paulista – ALL (SP), 2014.** Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/bcg/v20n4/1982-2170-bcg-20-04-00947.pdf>> Acesso em 18 de Setembro, 2018.

TCE/RJ. **Estudo Sócio-Econômico 1997-2000 Volta Redonda, 2002.** Disponível em <<http://www.tce.rj.gov.br/documents/10180/627227/Estudo%20Socioeconomico%202001%20voltaredonda.pdf>> Acesso em 28 de Outubro, 2018.

TEDESCO, Andrea; ANTUNES, Alzir Felipe Buffara; OLIANI, Luiz Octávio. **Detecção de formação erosiva (voçoroca) por meio de classificação hierárquica e por árvore de decisão. Bol. Ciênc. Geod., Curitiba, v. 20, n. 4, p. 1005-1026, Dez. 2014.** Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-21702014000401005&lng=en&nrm=iso> Acesso em 26 de Agosto, 2018.

TOMASI, Lennon Ferreira. **Ensaio de Inderbitzen Para Avaliação da Erodibilidade dos Solos e Rochas: Aplicação nas Regiões de Santa Maria, São Francisco de Assis e Porto Alegre/RS, 2015.** Disponível em <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_LENNON.pdf> Acesso em 19 de Junho, 2018.