



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**ISABELA QUEIROZ RAMOS**

**LEVANTAMENTO DE VOÇOROCA COM O USO DO LASER SCAN**

**Prof.Dr. MARCIO ROCHA FRANCELINO**  
**ORIENTADOR**

**SEROPÉDICA, RJ**  
**Julho – 2010**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**ISABELA QUEIROZ RAMOS**

**LEVANTAMENTO DE VOÇOROCA COM O USO DE LASER SCAN**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

**Prof. Dr. MARCIO ROCHA FRANCELINO**  
**ORIENTADOR**

**SEROPÉDICA, RJ**  
**Julho – 2010**

# **LEVANTAMENTO DE VOÇOROCA COM O USO DO LASER SCAN**

Comissão Examinadora:

Aprovada em 14 de julho de 2010

Prof. Dr. Marcio Rocha Francelino  
UFRRJ / IF / DS  
ORIENTADOR

Prof. Dr. Ricardo Valcarcel  
UFRRJ / IF / DCA  
Membro

Prof. Dr. Alexander Silva de Rezende  
EMBRAPA – Agrobiologia  
Membro

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Fernando Puttini e Carmem Lima, a meu irmão Fernando Queiroz, à minha avó, Honória Leme *in memoriam*, aos meus padrinhos Fernando Rezende e Laura Taunay, à minha prima e irmã Hyalla Valente, ao meu orientador Marcio Rocha e a todos os meus tios, primos e grandes amigos que participaram desta jornada. Finalizo agradecendo aos grandes mestres espirituais.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os grandes mestres de luz que me deram força, equilíbrio e paz para que com tanta tranqüilidade eu pudesse escrever o trabalho de monografia.

Agradeço ao Centro Espírita Ogum Iara, a equipe do reiki e floral que me mostraram o quanto eu posso transformar minha realidade e cada instante, fazendo de cada momento um milagre divino, me deram a oportunidade de aprender as grandes virtudes através da caridade e do amor.

Agradeço a minha família pelo apoio e confiança na educação que me foi dada para que eu pudesse levar a vida acadêmica com maturidade e responsabilidade.

Agradeço aos amigos que me deram força, carinho e apoio nas horas que mais precisei estando longe de meus familiares. Vocês se tornaram minha família onde os laços são fortalecidos no amor e na compreensão, espero tê-los por perto o resto da minha vida.

Agradeço ao meu orientador Marcio Francelino Rocha, por me acompanhar a campo, me ajudar a desenvolver esse projeto sempre disposto a me auxiliar no desenvolvimento desse trabalho que com certeza terá um acréscimo considerável ao meio acadêmico.

Agradeço a equipe do Laboratório de Geoprocessamento da Engenharia Florestal – GEFLORA pela irmandade, companheirismo tornando o ambiente sempre agradável e alegre onde se produz muitos trabalhos científicos de qualidade. Em especial, gostaria de agradecer a Juliana Tostes e a Michele Reich por terem ajudado na construção deste trabalho e reconheço que sem a ajuda de vocês teria sido bem mais complicado.

Agradeço a associação Erva Doce por ter me ensinado a importância da alimentação saudável, balanceada e agroecológica. Mostrou-me que a autogestão é uma forma de organização totalmente viável e eficaz. Aprendi a ter iniciativa para desempenhar tarefas.

Agradeço a turma 2005-I pelos momentos felizes que foram compartilhados e principalmente pelo companheirismo e ajuda nos momentos de insegurança e dificuldades.

Agradeço a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pois como uma mãe me preparou para enfrentar qualquer desafio profissional que virá pela frente. Forneceu-me toda infra- estrutura necessária para que o conhecimento acadêmico fosse transmitido.

## RESUMO

Processos erosivos como a erosão por salpicamento, erosão laminar, erosão por ravinamento quando não manejados podem dar origem às voçorocas que são canais intermitentes de água apresentando um indicativo de que a encosta foi mal manejada. Existem diversos métodos para estudar as voçorocas e novas ferramentas estão surgindo que associam precisão e rapidez na coleta dos dados. Esse trabalho teve como objetivo, avaliar o uso da tecnologia do *laser scan* no mapeamento de voçorocas. Foi realizada varredura em três locais, o que permitiu gerar modelos digitais de elevação em 3D e confeccionar mapas de curva de nível, drenagem e declividade. Foi utilizado os programas MDL e Arcgis 9.3 para processamento dos dados. Os resultados permitiram determinar, as linhas de drenagem, os locais com possibilidades de apresentar erosão por *piping* e crescimento de voçorocas. A configuração de obtenção por retângulo com varredura por pontos de 20cm X 20cm foi a recomendada para esse trabalhos. O *Laser Scan* apresentou-se como uma ferramenta potencial para o estudo e monitoramento de processos erosivos.

**Palavras chaves:** Erosão; MDE; Geoprocessamento

## **ABSTRACT**

There are various methods to study the gully and new tools emerging that combines speed and accuracy in data collection. This work aimed to evaluate the use of the technology of laser scanning for mapping gully. Scan was performed at three sites, which enabled to generate digital elevation models in 3D and from these construct maps of contour, drainage and slope. We used the programs MDL and Arcgis 9.3 for data processing. Results showed on several parameters of the gully, such as drainage lines, sites with potential to provide piping erosion and possible areas of expansion of gullies. The configuration obtained by scanning with rectangle and points of 20cm X 20cm was recommended for this work. The Laser Scan presented as a potential tool for the study and monitoring of erosion processes.

**Keywords:** Erosion; DEM; Geoprocessing

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3.1 Os processos erosivos.....	2
3.1.1 Erosão por Salpicamento.....	3
3.1.2 Erosão Laminar.....	3
3.1.3 Ravinamento.....	3
3.1.4 Voçorocamento.....	3
3.2 Metodologias utilizadas para quantificação da perda de solo em voçoroca.....	5
3.3 Sistema de varredura por feixe de laser (Laser Scan).....	6
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
4.1 Caracterização das Áreas.....	7
4.1.1 Pinheiral.....	9
4.1.2 Vassouras.....	9
4.2 Estudo da Voçoroca.....	10
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5.1. Voçoroca 1.....	12
5.2 Voçoroca 2.....	16
5.3 Voçoroca 3.....	19
6. CONCLUSÃO.....	21
7. CONSIDERAÇÕES .....	21
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização dos municípios de Pinheiral e Vassouras.....	7
<b>Figura 2.</b> Voçoroca 1.....	8
<b>Figura 3.</b> Voçoroca 2.....	8
<b>Figura 4.</b> Voçoroca 3.....	9
<b>Figura 5.</b> Laser Scan Quarryman Pro marca MDL.....	10
<b>Figura 6.</b> GPS Geodésico.....	11
<b>Figura 7.</b> Nuvem de pontos gerados pela varredura com o <i>laser scan</i> .....	12
<b>Figura 8.</b> Voçoroca em recuperação (a) e sem interpretação (b).....	13
<b>Figura 9.</b> Representação em 3D da Voçoroca 1.....	13
<b>Figura 10.</b> Curvas de nível sobre o MDE.....	14
<b>Figura 11.</b> Fluxo acumulado da Voçoroca 1.....	15
<b>Figura 12.</b> Possível área de expansão da Voçoroca 1.....	15
<b>Figura 13.</b> Nuvem de pontos gerados pelo <i>laser scan</i> . A localização da estação é o ponto STN51.....	16
<b>Figura 14.</b> Modelo digital de elevação em 3D.....	16
<b>Figura 15.</b> Curvas de nível e drenagem. A área em amarelo é a delimitação da Voçoroca.....	17
<b>Figura 16.</b> Foto da Voçoroca sobreposta ao modelo em 3D.....	18
<b>Figura 17.</b> Nuvens de pontos gerados pela captura do <i>laser scan</i> .....	18
<b>Figura 18.</b> Perfil do modelo digital de elevação.....	19
<b>Figura 19.</b> Provável presença de <i>piping</i> na área da voçoroca 3 (a área marcada com o círculo vermelho).....	19

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Configuração do equipamento em relação às Voçorocas.....	11
<b>Tabela 2.</b> Valores dos atributos em três Voçorocas.....	13
<b>Tabela 3.</b> Estimativa da área e volume da Voçoroca.....	14
<b>Tabela 4.</b> Comparação dos processamentos em função da configuração.....	20

## 1. INTRODUÇÃO

Os processos erosivos, comuns nos trópicos decorre da erosão hídrica, podendo ser laminar ou em sulcos, cujo o tamanho se divide em ravinas e voçorocas, sendo este último tipo a forma de maior tamanho. Dependendo da sua magnitude, os processos erosivos podem causar danos ambientais e econômicos, porém a recuperação é quase sempre lenta e onerosa (BERTOL, 2007). Somente o Brasil perde por ano, cerca de quinhentos milhões de toneladas de terra por erosão (ALBUQUERQUE, 2007).

A erosão é que ocorre naturalmente na paisagem, e é acelerado pelo homem de forma significativa, intensificando os prejuízos ambientais e econômicos decorrentes. De acordo com Melo (2009), o carreamento das partículas do solo das encostas provoca o assoreamento dos mananciais diminui a quantidade de água do curso durante o período de estiagem e intensifica o efeito das cheias durante o período chuvoso. Além disso, os processos erosivos promovem a perda de terras cultiváveis, e geram acidentes que provocam a morte de pessoas e animais, o que dificulta trânsito nas propriedades rurais, prejudicando o escoamento de produtos (DUMMER, 2008).

Todos esses danos evidenciam a importância de estudar a formação e o desenvolvimento dos processos erosivos, em especial as voçorocas, visto que é o processo mais grave. Conhecer todos os fatores envolvidos na sua formação torna-se necessário para que possa recomendar o uso de técnicas preventivas e medidas de contenção, remediando as perdas de solos e nutrientes e os impactos decorrentes.

Diferentes métodos são utilizados para monitoramento e análise do processo de desenvolvimento das voçorocas. Dentre eles pode-se citar a metodologia de estaqueamento, que consiste em colocar estacas na voçoroca e sazonalmente realizar medições com uma régua milimetrada para saber o quanto de solo foi perdido (GUERRA, 2002). Segundo Francisco (2009) sua principal vantagem é o baixo custo na aquisição dos materiais necessários para implementá-la e a ausência de impactos no terreno investigado. Sua principal desvantagem, só permite a quantificação do recuo da borda do barranco (ARAUJO, 2008).

Marques (2004) valorou economicamente os efeitos da erosão em uma bacia hidrográfica e concluiu que somente na bacia do Rio Atibaia a perda está em torno de 316.000 ton/ano de solo perdido e o valor monetário relativo a esse processo foi estimado em US\$ 336.000,00.

Diante de todos os prejuízos ambientais e econômicos causados pelos processos erosivos torna-se necessária a utilização de métodos mais eficientes para o acompanhamento do desenvolvimento de tais processos, permitindo um diagnóstico rápido e adequado do quadro de degradação de forma a contribuir para a mitigação de seus impactos. Dentre estes métodos, destaca-se o sistema de escaneamento por laser. Este constitui-se numa ferramenta de mensuração automatizada através de um laser infravermelho baseado no módulo visível que faz uma varredura por pontos do objeto, gerando um modelo digital de elevação com alta qualidade e precisão. tal tecnologia mostra-se promissora para análise ambiental de voçorocas, já que permite gerar dados com alta precisão, qualidade e rapidez, podendo ser uma ferramenta inovadora para estudos de problemas ambientais.

## 2. OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivo geral modelar voçoroca por varredura através do uso do *Laser Scan*, para que este instrumento possa ser testado quanto a sua viabilidade na análise ambiental.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Gerar um Modelo Digital de Elevação da voçoroca;
- Estimar a área das voçorocas e o volume de solo perdido a partir do Modelo Digital de Elevação em comparação com os dados planialtimétrico de Machado 2007 é possível validar a metodologia de análise com o *Laser Scan*

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Os processos erosivos

A erosão do solo é um processo natural, porém devido às práticas de manejo inadequadas o solo pode ser esgotado. A ocupação humana, geralmente iniciada pelo desmatamento e seguida pelo cultivo da terra, a construção de estradas, criação e expansão de cidades, sobretudo quando efetuada de modo inadequado, exercem um papel importante na origem e aceleração dos processos erosivos (SILVA et al., 2003).

Os processos erosivos levam a uma descaracterização do meio físico, os quais são dependentes de fatores como: condições topográficas, características do solo, tipo de vegetação e uso e manejo do solo (GUERRA 1998; COELHO NETTO, 1998; LORANDI et al., 2004).

Nos tropicos a erosão hídrica do solo é o processo erosivo mais comum, a qual pode ser caracterizada como o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou das rochas, pela ação combinada da gravidade com a água das chuvas. (BERTONI, 1990). Os solos expostos, após a retirada da camada vegetal, são suscetíveis ao impacto das gotículas da água da chuva o que provoca o rompimento dos agregados, resultando num selamento das camadas superficiais do solo e na conseqüente diminuição das taxas de infiltração e aumento do escoamento superficial (GUERRA, 2001).

Nos domínios tropicais esse tipo de processo erosivo ocorre de forma mais intensa devido à grande concentração de chuvas em um determinado período do ano (GUERRA, 1999). No domínio da Mata Atlântica, onde estão compreendidas as voçorocas deste estudo, há maior intensidade pluviométrica no verão e estiagem não muito rigorosa no inverno, ou seja, no verão os processos erosivos se intensificam contribuindo assim, para a formação de ravinas e posteriormente voçorocas.

Os processos erosivos levam a uma descaracterização completa do meio físico (LORANDI et al., 2004). Tais processos são dependentes de uma gama de fatores naturais, como: condições topográficas, características do solo, tipo de vegetação e grau de recobrimento do terreno.

As chuvas diferem quanto à capacidade de provocar erosão. Em geral, quanto maior sua intensidade e maior o diâmetro médio da gota, maior é a energia erosiva (DENARDIN, 2005). Segundo Alves (2007), o entendimento da dinâmica hidrológica

envolve conhecimentos sobre a pluviometria, as taxas de infiltração e da vazão do escoamento no canal. Já a dinâmica de sedimentos, está relacionada com a obtenção de dados sobre o transporte de partículas na região da foz da voçoroca. Com a aquisição dos dados referentes à dinâmica hidrológica existe a possibilidade de se fazer análises ambientais que possam contribuir para a diminuição da erodibilidade de áreas com sensibilidade hidrológica suscetível ao processo de erosão.

As características dos principais processos erosivos hídricos são descritas a seguir.

### **3.1.1 Erosão por Salpicamento**

Este processo é ocasionado pelo rompimento dos agregados do solo pela energia cinética da chuva. Este fenômeno também é denominado efeito *splash* (GUERRA, 2004) e devido a grande quantidade de chuvas que ocorrem nos trópicos ocorre o agravamento deste processo de erosão (GUIMARÃES et al., 2008).

### **3.1.2 Erosão Laminar**

Ocorre por escoamento difuso das águas pluviais resultando a remoção progressiva dos horizontes superficiais, o que diminui paralelamente a produtividade do solo. Esse tipo de erosão arrasta primeiro as partículas mais leves do solo, expondo raízes e fragmentos de rochas quando presente no local. Quando isso ocorre, forma os chamados “pavimentos desérticos” (RESENDE et al. 2007). A erosão laminar é pouco perceptível e por isso mesmo a mais perigosa, pois quando é notada a perda de solo já foi significativa .

### **3.1.3 Ravinamento**

O ravinamento é a remoção de solo pela água por canais visíveis muito pequenos, mas bem definidos, onde ocorre concentração do fluxo sobre o solo (PRUSKI, 2006). Nas ravinas, geralmente, as velocidades do escoamento superficial (*runoff*) são mais altas, dependendo do grau de declividade e são suficientemente grandes e estáveis para serem visualizadas prontamente, mas pequenas o bastante para serem removidas facilmente pelos tratos culturais ou operações de nivelamento ou terraplanagem (ARAUJO et al.; 2008).

O conceito de evolução de ravinas baseia-se no fato de que, quando a precipitação excede a capacidade de infiltração do solo, inicia-se com o escoamento superficial. A água acumula em depressões (microtopografias) na superfície do solo, até que começa a descer a encosta, através de um lençol (GUERRA, 1998).

Ravinas podem resultar de desequilíbrios naturais ou induzidos pelo homem. Esse processo vai ser influenciado pelas propriedades do solo, características das chuvas, tipo de cobertura vegetal, uso e manejo do solo, características das encostas e microtopografia do terreno (GUERRA, 1998)

O aprofundamento e alargamento de ravinas ou erosão causada por escoamento subsuperficial, dão origem as voçorocas (SUERTEGARAY, 2004).

### 3.1.4 Voçorocamento

Segundo Vieira (1978), o significado etimológico dos termos boçoroca ou voçoroca é proveniente da junção de duas expressões do tupi-guarani, sendo *ibi* (terra) e *soroc* (rasgão), ou seja, voçoroca (*gully*, em inglês) seria um “rasgão na terra”.

As voçorocas são canais d'água intermitentes, maiores do que as ravinas. Esses canais carregam água durante e imediatamente após as chuvas e, ao contrário das ravinas, as voçorocas não podem ser removidas pelo preparo normal do solo. As voçorocas tendem a se formar onde grandes volumes de escoamento superficial são concentrados e descarregados em encostas com solos erodíveis. Este processo é comum em pastagens e, é provavelmente, uma das principais forma de erosão em bacias hidrográficas (ARAUJO *et al.*, 2008).

A suscetibilidade dos solos a formação de ravinas e voçorocas está relacionada a instalação do fenômeno de *piping* (COELHO NETTO, 1998), que provoca a remoção de partículas do interior do solo formando canais que evoluem em sentido contrário ao do fluxo de água, podendo dar origem a colapsos do terreno, com desabamentos que alargam a voçoroca ou criam novos ramos (SALOMÃO, 1999).

A voçoroca possui paredes laterais íngremes e em geral fundos chatos, ocorrendo fluxo de água no seu interior durante os períodos chuvosos. Ao aprofundarem seus canais, as voçorocas podem atingir o lençol freático (SUERTEGARAY, 2004).

O voçorocamento é um fenômeno de gênese e evolução complexa, já que tanto os fluxos superficiais quanto os fluxos subsuperficiais, bem como os diversos tipos de movimentos de massa podem atuar isolada ou conjuntamente na sua formação e evolução (RODRIGUEZ, 2000). Segundo Bacellar (2006), o processo de desenvolvimento desses fenômenos, dá-se nos diferentes seguimentos das encostas das voçorocas, onde atuam diferentes processos de erosão, ocorrendo pequenos deslizamentos rotacionais, o que pode gerar um fluxo de movimento de massa, mesmo após o período chuvoso. Bacellar (2006) afirma que existem fatores que atuam na intensidade da erosão, como por exemplo, a erosividade do agente (potencial de erosão da água), e a erodibilidade do solo (representa a suscetibilidade à erosão do solo).

Oliveira (1999) afirma que o fenômeno de erosão por voçorocamento, é sinérgico, justamente porque ocorrem interações dos mecanismos individuais de erosão, ou seja, num processo de voçorocamento pode-se encontrar diferentes tipos de erosão, como a erosão laminar, linear, por salpicamento, entre outras.

Existem locais onde há uma maior probabilidade de ocorrência do voçorocamento principalmente em regiões de declividade alta, onde a superfície do solo foi degradada, onde há concentração de enxurradas da bacia, ou por influência do escoamento superficial (PEREIRA *et al.*, 2003)

Segundo Bacellar (2006), solos com profundidades rasas, de 1 a 2m, possuem alto escoamento subsuperficial, e em épocas chuvosas a rocha pode ficar extremamente lisa devido ao aparecimento de limo o que aumenta a possibilidade de movimento de massa.

As voçorocas são consideradas um dos piores problemas ambientais em áreas de rochas cristalinas nas regiões tropicais de montanha, onde são mais frequentes e podem alcançar grandes dimensões (FERREIRA 2007). Impactos ambientais podem ser ocasionados pelo voçorocamento de uma área, dentre os quais se destacam: a eliminação de terras férteis, a destruição de estradas e outras obras de engenharia, o assoreamento de rios e reservatórios, o recobrimento de solos férteis nas planícies de inundação, a destruição de habitats, o rebaixamento do lençol freático no entorno, com

secagem de nascentes, a deterioração de pastagens e culturas agrícolas, a redução da produção de cisternas e a dificuldade do acesso a determinadas áreas (BACELLAR, 2006).

Segundo a Embrapa (2006), o entendimento das dinâmicas hidrológicas e a dinâmica de transporte de sedimentos são de fundamental importância para se observar o desenvolvimento da voçoroca.

### 3.2 Metodologias utilizadas para quantificação da perda de solo em voçoroca

Existem diversas formas de dimensionar o volume de solo perdido numa voçoroca. Aqui serão apresentadas apenas as mais comuns.

A metodologia proposta por Guerra (2002), pode ser descrita resumidamente da seguinte maneira: coloca-se estacas fincadas a uma profundidade de 40cm, deve-se medir a distância das estacas à borda da voçoroca que está sendo monitorada. Em um período de tempo pré determinado deve-se ir a campo e verificar quanto de solo está sendo perdido em cada estaca. Na área do perímetro urbano do município de Rancharia-SP o pesquisador Francisco (2009) utilizou esta metodologia para estudo do processo de voçorocamento e chegou a conclusão de que esse método apenas permitiu verificar que a voçoroca estava expandindo, pois nas estacas onde havia divisores de ravina havia uma perda de solo maior.

Casali, 2006 propõe uma metodologia que consiste na determinação da área da seção transversal em diversas partes da voçoroca e posteriormente na determinação do seu volume através da equação (1).

$$V = \sum_{i=1}^n V_i = \sum_{i=1}^n (A_{i-1} + A_i/2) \cdot d$$

Onde:

V – Volume de solo erodido

n – número de seções consideradas.

$V_i$  – volume de solo erodido em cada canal.

$A_{i-1}$  – área da seção do ponto jusante.

$A_i$  – área da seção do ponto montante.

d – distância entre as seções adjacentes.

A área de cada seção transversal é determinada através da fórmula do volume do trapézio devido a voçoroca, observada por IKEMATSU et al., (2007), possuir forma geométrica predominantemente trapezoidal.

O monitoramento de voçorocas com o uso de ferramentas de sensoriamento está sendo utilizado e difundido na atualidade. Cardoso (2009) realizou um estudo onde monitorou duas voçorocas em Viçosa-MG e para isso utilizou imagens do programa Google Earth. Ele comparou as imagens em anos diferentes épocas e constatou o aumento da voçoroca propondo medidas de prevenção e contenção das mesmas.

Outra forma de dimensionamento é através do uso de estação total, que gera dados planialtimétricos que permite uma representação tridimensional da voçoroca, como realizado por Machado (2007) no estudo de voçorocas no município de Pinheiral.

Tecnologia mais recente são os sistemas de varredura por feixe de laser, ou *laser scan*.

### 3.3 Sistema de varredura por feixe de laser (Laser Scan)

O sistema de varredura com laser é um método de levantamento topográfico desenvolvido para recompilar informações em três dimensões de qualquer superfície, ou seja realizar levantamentos totalmente tridimensionais, refletindo exatamente o estado da topografia do terreno (ROCHA, 2002).

O sistema *laser scan* gera uma nuvem de pontos com coordenadas X, Y e Z (latitude, longitude e altitude) sobre uma superfície. Através de pulsos de laser, que são gerados e emitidos pelo sistema, e com auxílio de um espelho de varredura, estes são direcionados, atingindo a superfície dos objetos em vários pontos. Estes objetos refletem o pulso incidente e parte do pulso volta para o sistema. Com isto, a distância entre o sensor e o objeto é determinada através do intervalo de tempo entre a emissão e a reflexão (retorno) do pulso (DALMOLIN & SANTOS, 2004).

Wutke (2006) afirma que esta tecnologia permitiu a solução de vários problemas existentes nas técnicas de levantamento topográfico, pois reúne precisão com a possibilidade de geração de milhões de pontos em um curto intervalo de tempo. Segundo Rocha (2002) o *Laser Scan* reduz drasticamente o tempo de resposta da topografia como elemento de planejamento em diversas áreas do conhecimento, tais como: pedologia, geologia, geotecnia, engenharia civil, entre outros.

O laser scan apresenta várias vantagens, das quais Tommaselli (2003) cita algumas delas:

- Método ativo que não depende da luz visível refletida;
- Operação remota;
- Seu princípio geométrico de cálculo das coordenadas pode ser a triangulação, o intervalo de tempo ou a diferença de fase, dependendo do modelo, mas em todos os casos a varredura pode ser feita com apenas uma estação por visada;
- Sua resposta está disponível em tempo real, após o término da varredura o operador tem à sua disposição milhões de pontos com coordenadas conhecidas, estando apto a fornecer respostas sobre os objetos, como distâncias entre peças, dimensões, volumes, verticalidade de superfícies, etc.;
- Alta densidade de pontos coletados;
- Torna possível realizar o controle de qualidade durante a coleta e refazer a varredura, caso necessário;
- Sua operação é simples e flexível; basta um operador para posicionar e operar o sistema;
- Torna possível a combinação de vários modelos numéricos gerados de diferentes posições, o que permite cobrir quase toda superfície visível dos objetos;

Apesar de ser uma tecnologia recente, já existem no mercado vários tipos de laser scanners, variando desde as características do sistema de varredura, passando pelo princípio de medição da distância, até a velocidade e intervalos de medida. A exatidão e a quantidade de pontos medidos variam de acordo com o modelo do scanner (WUTKE, 2006). Existem ainda, dois tipos de sistemas de varredura laser: os sistemas estáticos e os sistemas dinâmicos aerotransportados por aeronaves e/ou helicópteros. O scanner utilizado neste trabalho de monografia é um escaner estático baseado no princípio da triangulação.

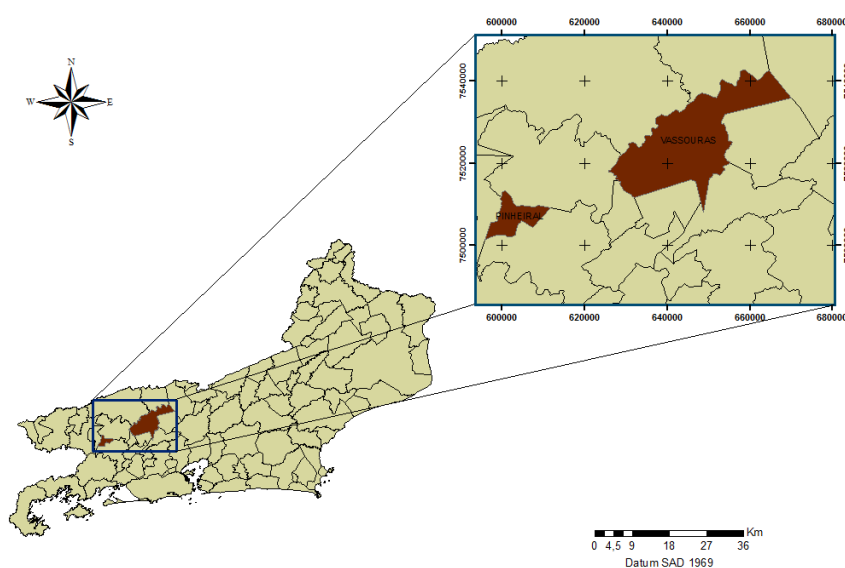


## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização das Áreas

As áreas selecionadas para o estudo estão localizadas no Médio Vale do Paraíba do sul, nos municípios de Pinheiral e Vassouras, compreendidos respectivamente nas porções sul e centro-sul do estado do Rio de Janeiro (Figura 1).

Nessa região encontra-se um quadro crítico de áreas degradadas ao longo de diversos ciclos econômicos que iniciou com o cultivo do café sem nenhum critério conservacionista no século XIX (HERNANI et al., 2002) e posterior uso das áreas para pecuária em sistema extensivo, fazendo até duas queimadas anuais (MACHADO, 2007).



**Figura 1:** Localização dos municípios de Pinheiral e Vassouras.

A voçoroca localizada no município de Pinheiral recebeu a denominação de Voçoroca 1 (Figura 2) e as voçorocas localizadas no município de Vassouras denominou-se: Voçoroca 2 (Figura3) e Voçoroca 3 (Figura 4).



**Figura 2:** Voçoroca 1.



**Figura 3:** Voçoroca 2.



**Figura 4:** Voçoroca 3.

#### **4.1.1 Pinheiral**

Esse município abrange uma área de 81 km<sup>2</sup> e está compreendido entre as latitudes 22 29'03''S e 22 35'27''S e longitudes 43 54' 49''W e 44 04'05''W, com uma altitude média de 420m. O clima é tropical chuvoso de monção, com inverno seco (OLIVEIRA, 1998).

Na região ocorre uma formação morfo-estrutural determinada pelo delineamento estrutural no sentido Sudoeste-Nordeste, que explica o relevo acidentado, também conhecido como “Mar de Morros”, além de diversos vales estruturais, que formam uma rede drenagem diversificada (RADAMBRASIL, 1983).

O município está inserido no domínio ecológico da Mata Atlântica, cuja a vegetação original denomina-se Floresta Pluvial Baixo Montana. Esta vegetação foi intensamente devastada para o plantio de café durante o século XIX, a decadência dessa cultura favoreceu a introdução de pastagens, tipo de uso predominante atualmente (HERNANI et al., 2002).

A voçoroca 1 foi estudada por Machado (2007), onde foi estimado o volume de solo que estava sendo perdido e suas relações com características edafoclimáticas locais. Os resultados desse trabalho foram utilizados para efeito comparativo com os dados levantados pelo laser scan.

#### **4.1.2 Vassouras**

O município de Vassouras no estado do Rio de Janeiro, situado a 111km da capital, possui cerca de 552km<sup>2</sup> e uma população em torno de 34 mil habitantes (IBGE, 2009). Localiza-se a uma latitude de 22°24'14"S e longitude 43°39'45"W e possui uma altitude média de 434 metros. O clima é o Cwa – tropical de altitude. A precipitação média anual varia de 895,3 mm a 1964,4mm. A temperatura média anual é de 20,7°C, sendo a temperatura máxima e mínima, respectivamente, 23,7°C e 17,4°C (REZENDE, 2007).

Com relação à vegetação, o município também está inserido no domínio da Mata Atlântica, caracterizado por Floresta Estacional Semidecidual. Os solos predominantes na região são Latossolo, Cambissolos e Argissolos (CALDAS, 2005).

A região faz parte do Complexo Paraíba do Sul, do período Arqueano (entre 3,85 a 2,5 bilhões de anos atrás), com ocorrência de gnaisses bandados predominantemente tonalíticos, migmatitos, em geral estromáticos, com ampla cataclase e recristalização, com foliação de plano axial de forte ângulo e evidências de transposição e lentes de quartzito (RADAMBRASIL, 1983). Atualmente o município tem sua economia sustentada pelo turismo, agricultura, pecuária leiteira e por uma pequena exploração silvicultural (IBGE, 2009).

#### 4.2 Estudo da Voçoroca

As informações sobre as dimensões das três feições erosivas investigadas foram obtidas através do escaneamento por laser. O equipamento utilizado foi o Laser Scan modelo Quarryman Pro da marca MDL (Figura 5).



**Figura 5:** Laser Scan Quarryman Pro da marca MDL.

Inicialmente foi levantado as coordenadas do ponto de localização da estação e de um ponto de referência que é utilizado para determinar a orientação do equipamento, através de um equipamento GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) da marca *Leica* modelo 1200x (Figura 6).



**Figura 6:** GPS Geodésico.

A etapa seguinte é a configuração do equipamento para definir a posição dos pontos refletidos pelo objeto e para determinar a posição dos pontos no terreno com exatidão, sendo realizadas marcações das extremidades da área a ser varrida com o laser. Foi definido o modelo de polígono para a voçoroca 1 e de retângulos para as demais voçorocas.

As distâncias entre os pontos nas linhas verticais e horizontais também variou conforme pode ser observado na Tabela 1. Essas variações foram decorrentes do próprio estabelecimento da metodologia, onde foi verificada questões de precisão e do tempo necessário para efetuar a varredura.

**Tabela 1:** Configuração do equipamento em relação as voçorocas

Voçorocas	Formas Geométricas para varredura	Distância entre os pontos
Voçoroca 1	Polígono	5 em 5 cm
Voçoroca 2	Retângulo	20 em 20 cm
Voçoroca 3	Retângulo	20 em 20 cm

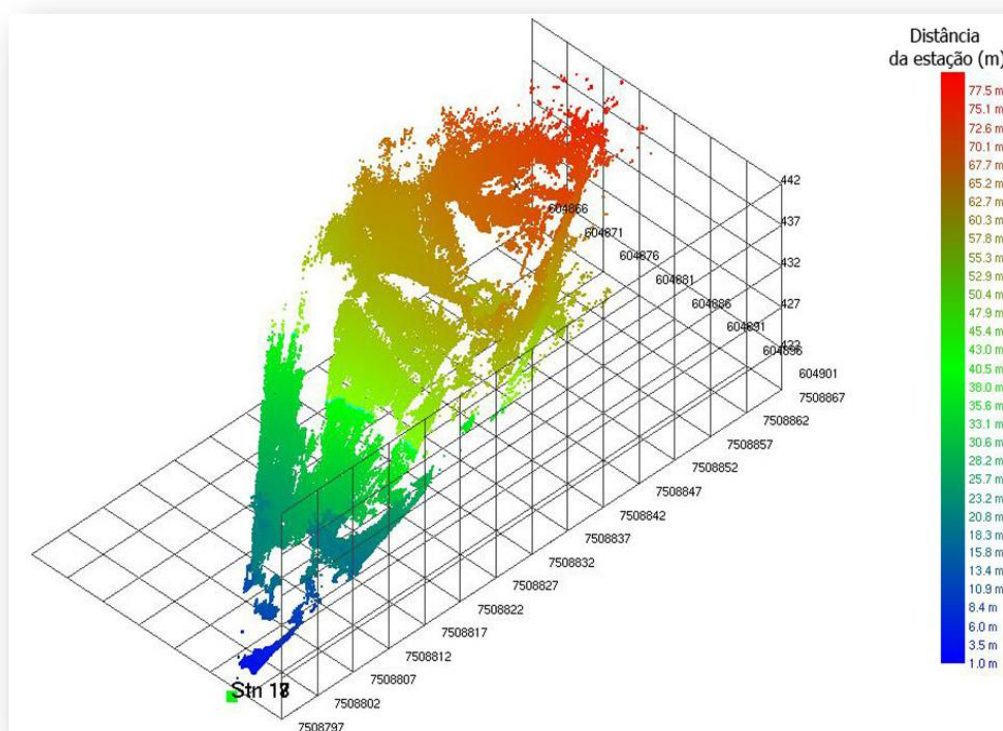
Após a realização destes procedimentos no campo, os dados do laser scan foram processados no *software* MDL Quarryman Pro, onde foram extraídas as nuvens de pontos correspondentes a cada voçoroca. Em seguida os pontos foram exportados para o formato DXF, os quais foram convertidos para o formato shapefile utilizando o programa Arcview 9.3. Nesse programa os pontos foram interpolados utilizando a ferramenta *Topo to Raster*, gerando um modelo digital de elevação (MDE) de cada voçoroca em formato raster, com resolução espacial de 20 cm.

A partir do MDE foram gerados mapas declividade, superfície da curva, face de exposição, direção do fluxo e fluxo acumulado.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Voçoroca 1

A varredura da voçoroca 1, que obedeceu a configuração de 5cm x 5cm, ou seja, gerou pontos a cada 5 cm tanto na linha vertical como horizontal, formando uma nuvem de pontos composta por 469.370 mil unidades, os quais cada um armazenava informações de coordenadas X, Y e Z (Figura 7).



**Figura 7:** Nuvem de pontos gerados pela varredura com o laser scanner.

Devido à posição do equipamento, alguns locais da voçoroca ficaram descobertos, o que foi compensado através da interpolação dos pontos, que gerou uma grade contínua. Porém, recomenda-se realizar três varreduras em diferentes posições, uma a esquerda e outra a direita a partir de um ponto central, de forma a cobrir o terreno em todos os ângulos possíveis. Outra recomendação é cobrir uma área maior que aquela ocupada apenas pela voçoroca, de forma a levantar também a área de contribuição, o que já foi seguido no levantamento das outras duas voçorocas.

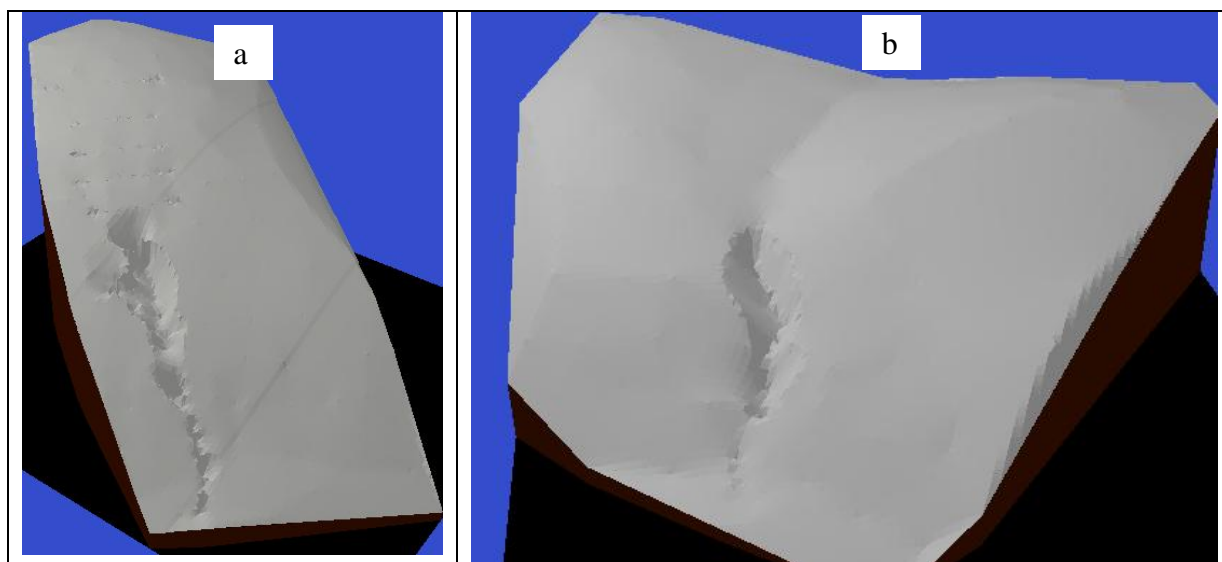
Como já informado no item Material e Métodos, a voçoroca 1 é a mesma pesquisada por Machado (2007), localizada no município de Pinheiral, a qual foi dada a denominação de “sem intervenção”, onde esse autor ainda estudou outras duas voçorocas. Para efeito comparativo, os dados levantados para a voçoroca 1 estão apresentados conjuntamente com dados de Machado (2007) na Tabela 2.

**Tabela 2:** Valores dos atributos levantados em três voçorocas

Atributo	Voçoroca 1	Em recuperação*	Sem intervenção*
Área (m <sup>2</sup> )	959,9	901	1.145
Maior largura (m)	23,5	19,7	20,9
Comprimento (m)	61,5	74,9	90,7
Maior profundidade (m)	17	17	11
Volume (m <sup>3</sup> )	6.735,03	6.500	10.718

Fonte: MACHADO (2007)

Entretanto, observou-se que os atributos da voçoroca 1 que deveriam apresentar valores semelhantes ao da voçoroca “sem intervenção” de Machado (2007), foram mais semelhantes ao da voçoroca “em recuperação”. Mesmas as figuras em 3D representativas de cada uma delas (Figuras 8 e 9), existem mais semelhantes entre a gerada pelo *Laser Scan* com a “em recuperação” do que com a “sem intervenção”.



**Figura 8:** Voçorocas em recuperação (a) e sem intervenção (b) conforme Machado (2007).

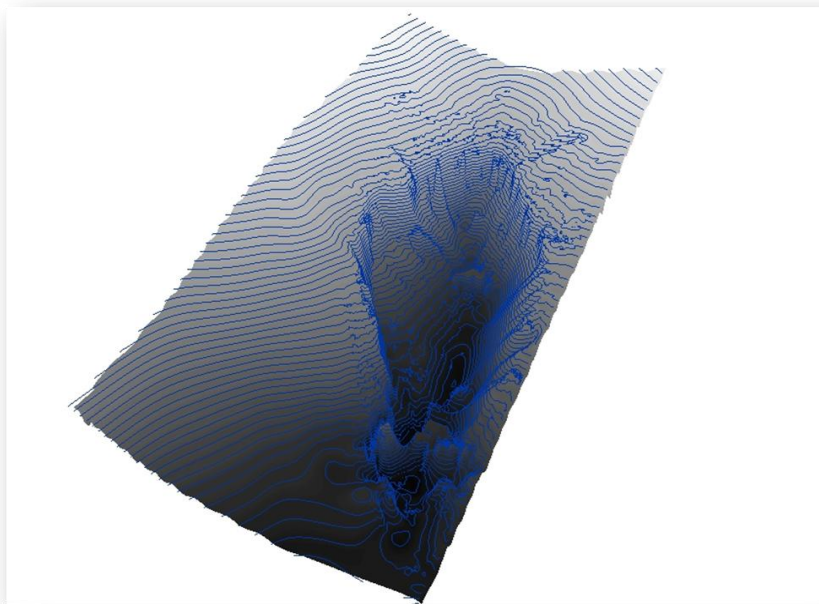


**Figura 9:** Representações 3D da voçoroca 1.

A partir da nuvem de pontos foi gerado um modelo digital de elevação com alta resolução espacial, com células de tamanho 10cm x 10 cm. Com isso foi possível obter diversos outros temas relacionados a essa voçoroca. Foi estimado sua área e seu volume (Tabela 2), além das curvas de nível, que foi especializada com intervalos de 20 cm, porém para a apresentação utilizou-se uma com intervalos de 1 m (Figura 10).

**Tabela 3:** Estimativa de área e volume por voçoroca

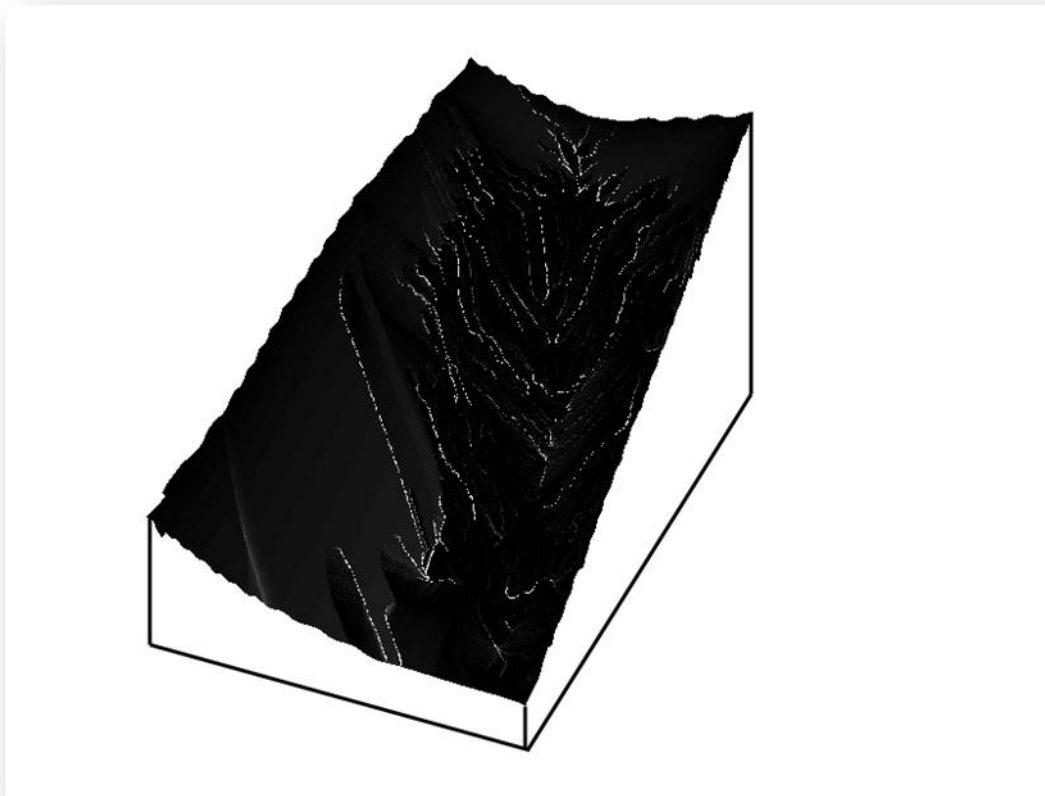
Descrição	Área (m2)	Volume (m3)
Voçoroca 1	10.135	6.640
Voçoroca 2	2.753	4.246
Voçoroca 3	11.065	5.770



**Figura 10:** Curvas de nível sobre o MDE.

Foi utilizado ferramentas do módulo *Hidrology* do programa Arcview 9.3 para identificar a direção do fluxo pluviométrico e o fluxo acumulado (Figura 11). A partir desse último tema, foi possível verificar a presença de áreas mais susceptíveis a serem erodidas, contribuindo para a expansão da voçoroca caso não seja realizada nenhuma intervenção (Figura 11).





**Figura 11:** Fluxo acumulado da voçoroca 1.

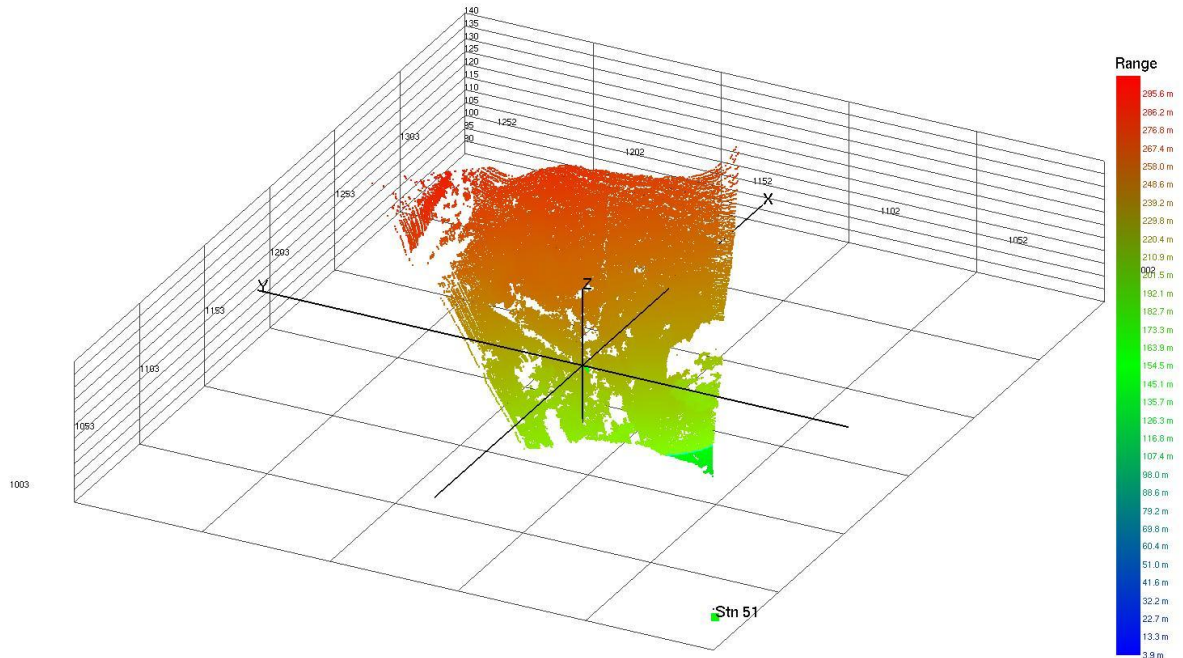


**Figura 12:** Possível áreas de expansão da voçoroca 1.

A voçoroca 1 encontra-se em terreno de alta declividade, que associado com as encostas de forma côncava e comprimento de rampa longo, apresentam maior susceptibilidade à formação de voçorocas (RESENDE, 1985).

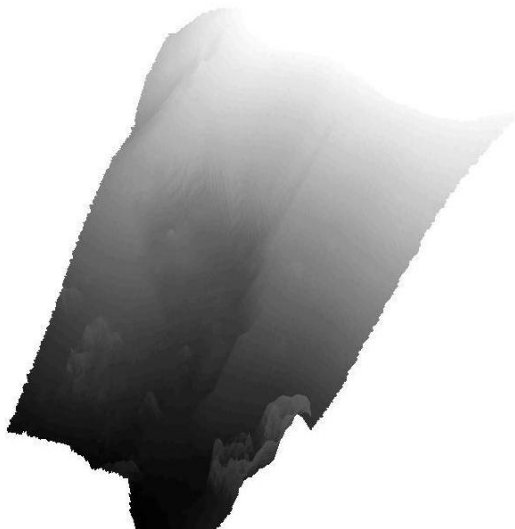
## 5.2 Voçoroca 2

A varredura da voçoroca 2, que obedeceu a configuração de 20cm x 20cm, ou seja, gerou pontos a cada 20 cm tanto na linha vertical como horizontal, formou uma nuvem de pontos composta por 135.105 unidades (Figura 14).



**Figura 13:** Nuvem de pontos gerados pelo Laser Scan. A localização da estação é o ponto Stn 51.

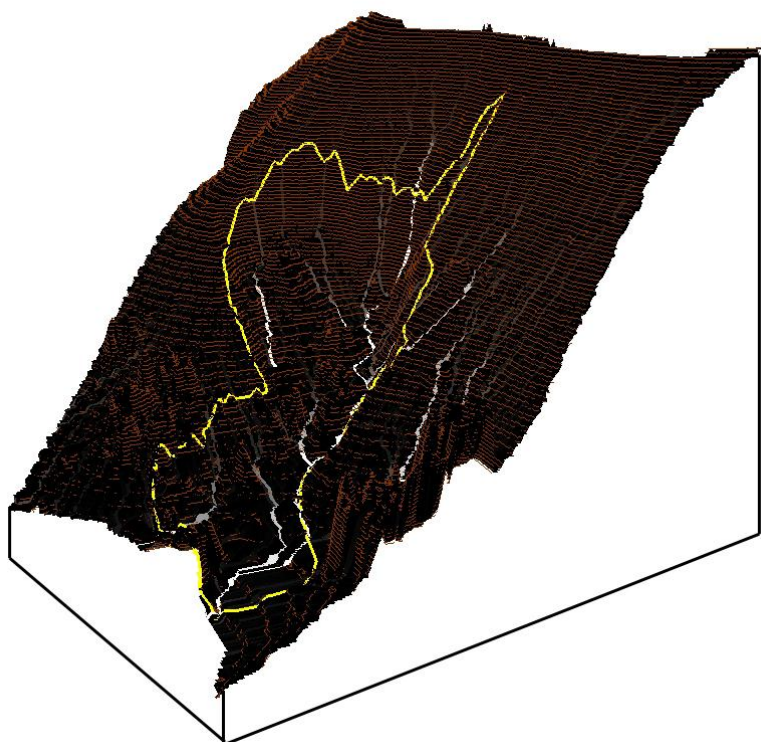
O MDE gerado apresentou uma resolução espacial de 20 cm, cuja representação em 3D permite observar a alta declividade do terreno onde se localiza essa voçoroca (Figura 14). A partir do MDE, foi estimado uma área de 2.859 m<sup>2</sup> e volume de 39.736 m<sup>3</sup> (Tabela 2).



**Figura 14:** Modelo Digital de Elevação em 3D.

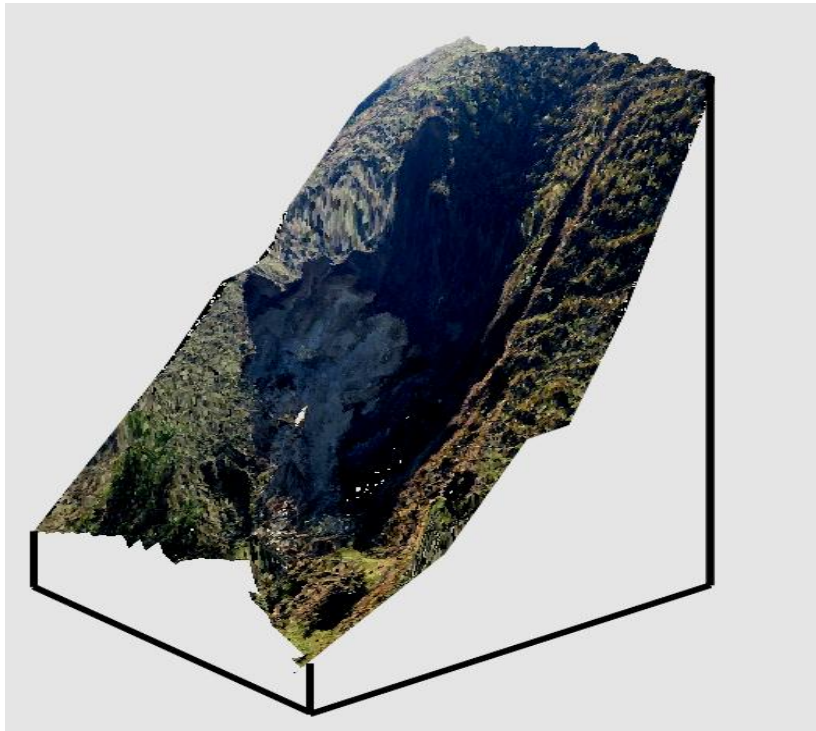
Como pode ser observado na Figura 16, o escoamento superficial modelado pelo fluxo acumulado gerou uma intensa rede de drenagem, com uma canal principal que pode representar a área mais susceptível a perda de solos no interior da voçoroca. A área a esquerda da voçoroca já apresenta outra direção do escoamento da água pluvial, o que pode estar preservando a estabilidade desta faixa do terreno. A possibilidade de expansão encontra-se na faixa a direita da voçoroca que já apresenta processo de ravinamento instalado, além do canal de escoamento principal encontrar-se na extremidade direita da voçoroca.

Isto mostra que medidas de contenção deverão ser tomadas principalmente nessa faixa do terreno (Figura 15). Como esta voçoroca encontra-se num estágio ativo e avançado de desenvolvimento, as práticas mecânicas são mais indicadas, por trazerem resultados imediatos, pois segundo Machado (2007) elas são mais indicadas para proteção de curto prazo associadas à revegetação com leguminosas inoculadas com micorrizas, o que diminuiu em 99% a perda de solo nessas situações.



**Figura 15.** Curvas de Nível e Drenagem. A área em amarelo é a delimitação da voçoroca.

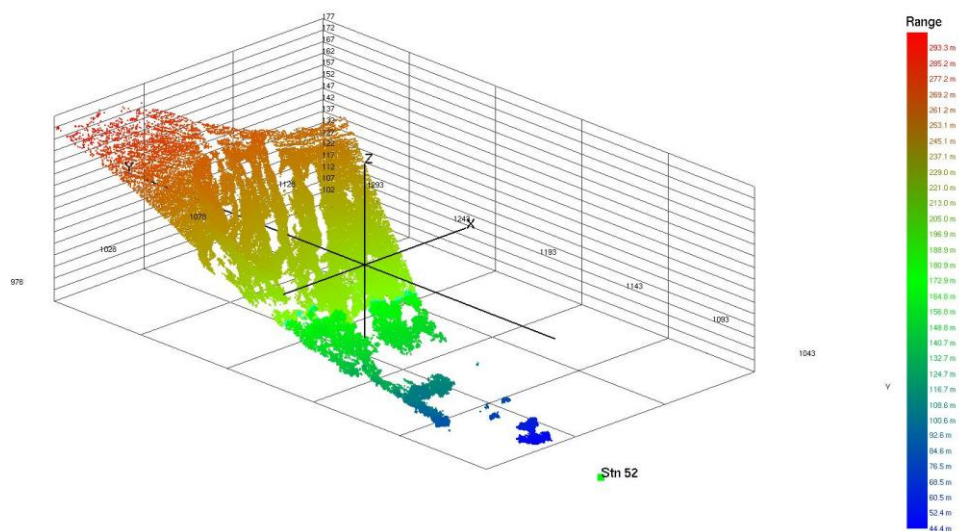
Nessa área provavelmente ocorre também erosão por *piping*, pois não é visível a junção desta drenagem com a drenagem principal da voçoroca.



**Figura 16.** Foto da voçoroca sobreposta ao modelo 3D.

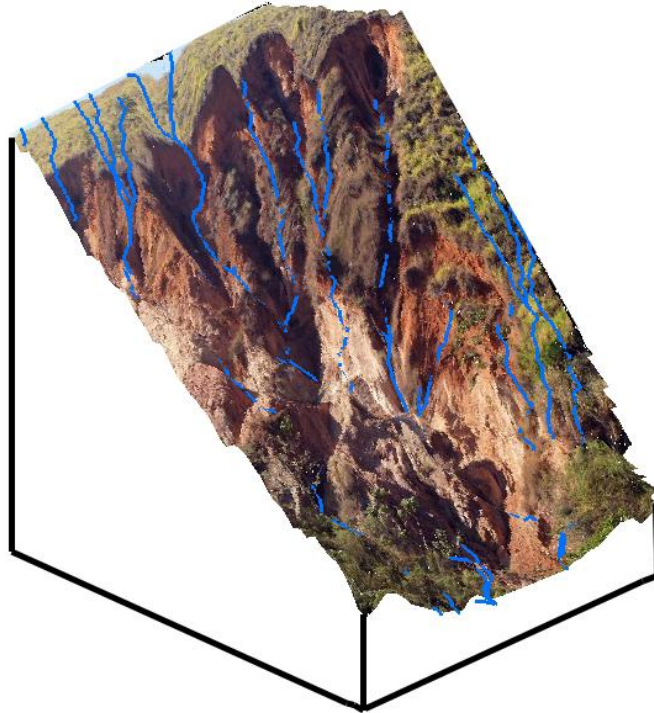
### 5.3 Voçoroca 3

A varredura da voçoroca 3, que obedeceu a configuração de 20cm x 20cm, gerou uma nuvem de pontos composta por 171.474 unidades (Figura 17).



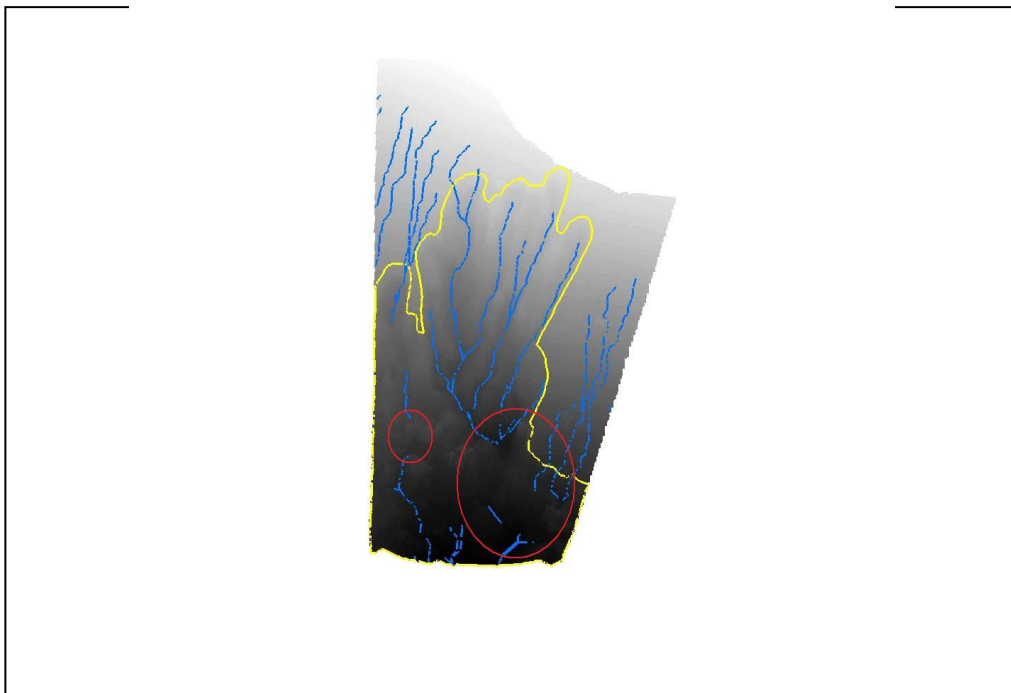
**Figura 17.** Nuvens de pontos gerados pela captura do Laser Scan.

O MDE gerado facilita a visualização e entendimento dos processos erosivos. Foi estimada uma área de 5.770 m<sup>2</sup> e um volume de 141.587 m<sup>3</sup>.



**Figura 18.** Perfil do modelo digital de elevação.

As linhas de drenagem da voçoroca 3 (Figura 19) não são contínuas no terço inferior, podendo inferir que devido a geomorfologia do relevo observada na (Figura 18) as linhas de drenagens são interrompidas.



**Figura 19.** Provável presença de *piping* na área da voçoroca 3 (área marcada com círculo vermelho).

A configuração de 5cm x 5cm, apesar de provavelmente apresentar uma maior precisão, aumenta em muito o tempo necessário para varredura no campo como para processamento dos dados em laboratório (Tabela 3). Enquanto o processamento dos dados da voçoroca 2 levou 5 minutos, para os da voçoroca 1 esse tempo foi de 6 horas.

**Tabela4:** Comparação dos processamentos em função da configuração

Voçorocas	Configuração	Quantidade De pontos gerados	Tempo de varredura	Tempo de processamento
1	5X5cm	469.370	2h 20min	6h
2	20X20cm	135.105	40min	5min
3	20X20cm	171.474	1h 10min	10min

## 6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com a varredura com o Laser Scan permitiu gerar modelos digitais de elevação em 3D das voçorocas com grande precisão geométrica, o que associado com a rapidez do trabalho de levantamento no campo, configura-se numa ferramenta potencial para o estudo e monitoramento de processos erosivos. Através do MDE gerado foi possível realizar análise de variados parâmetros das voçorocas. A configuração de obtenção por retângulo com varredura por pontos de 20cm X 20cm é a recomendada em trabalhos com *Laser Scan* para voçoroca.

## 7. CONSIDERAÇÕES

Esse é um trabalho incipiente que necessita de mais detalhamentos para avaliar corretamente todo o potencial dessa ferramenta. O uso de outros programas específicos para tratar de arquivos tipo nuvem de pontos também são recomendados para obter modelos digitais de elevação ainda mais precisos.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, B. N. F. Agentes, processos e feições erosivas em voçoroca conectada à rede de drenagem do rio Coreaú, Ceará. **Revista casa da geografia de sobral**. n°. 1 p. 11-20, 2007.

ALVES, R. R. Monitoramento dos processos erosivos e da dinâmica hidrológica e de sedimento de uma voçoroca: estudo de caso na fazenda do gloria na zona rural de Uberlândia –MG.2007. 109p. Tese (Mestrado em Geografia/UFU), Faculdade de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.

ARAUJO, S. H. G.; ALMEIDA, R. J.; GUERRA, T. J. A. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 3.d. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2008. p.320.

AUGUSTIN, R. H. C & Aranha, A. R. P. A ocorrência de voçorocas em Gouveia, MG: características e processos associados. GEONOMO Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, 2006

BACELLAR, L. A. P. Processos de Formação de Voçorocas e Medidas Preventivas e Corretivas. Viçosa, 2006. 30 slides.

BERTOL, B.; COGO, P. N.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, C. J.; AMARAL, J.A. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista brasileira de Ciencia do Solo**. nº.1.Fev. 2007.

BERTONI, J. & NETO, L. F. **Conservação do Solo**. São Paulo, Ed. Ícone, 1990.

BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B.; TARQUIR, J. L. Z. Características do escoamento superficial e taxas de erosão em uma área sob cultivo agrícola. In: Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 5, 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: ABRH, 2002. p.403.

CALDAS, S. F. J. A. **Geoprocessamento e análise ambiental para determinação de corredores de hábitat na Serra da Concórdia, Vale do Paraíba – RJ**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais)- Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006

CAMARGO, P. B. Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas. led. São Carlos-SP: Rima, 2004.

CASALI et al. **Accuracy of methods for field assessment of rill and ephemeral gully erosion**. *Catena*, 67, p. 128 – 138, 2006.

CORRÊA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 203-209, 2002.

CASSOL, E. A.; LIMA, V. S. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.1, p.117-124, 2003.

DALMOLIN, Q.; SANTOS, D. R. **Sistema Laserscanner: Conceitos e Princípios de Funcionamento**. 3ª Edição – UFPR – Curitiba/PR – Brasil. 97 pg – 2004.

DUMMER, J.; ARNDT, L. A.; BORGES, F. C.; KOESTER, E.; FERNANDES, F. F. Identificação de agentes causadores e monitoramento de voçorocas em Chuvisca, RS. XVII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICO DA UFPEL, 17,2008. Rio Grande do Sul/EMBRAPA SOLOS. Relatório técnico e plano de monitoramento do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas. Rio de Janeiro, 2002.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. ; SCOPEL, I. GUERRA, M. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo laterítico Bruno

- avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.1, p.117-125, 1984.

FERREIRA, R. R. M.; FERREIRA, V. M.; TAVARES FILHO, J. ; RALISCH, R. Origem e evolução de voçorocas em Cambissolos na bacia do alto Rio Grande, Minas

FRANCISCO, B. A.; NUNES, R. O. J. Aplicação de metodologia de estaqueamento para estudo do processo de voçorocamento no município de Rancharia – SP. **Caderno Prudentino de Geografia**, n.31, vol.1, 2009.

Gerais. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007, Gramado-RS. Anais, 2007.

GILLEY, J.E.; FINKNER, S.C.; SPOMER, R.G. & MIELKE, L.N. **Size distribution of sediment as affected by corn residue**. Trans. Am. Soc. Agron. Eng., 29:1273-1277, 1986.

GOLDBERG, S. *et al.* Factors affecting clay dispersion and aggregate stability of arid-zone soils. *Soil Sci.*, Baltimore, v. 146,p. 317-325, 1988.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Cap. 4. Cap. 5. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1998.

HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L.; PRUSKI, F. F.; De MARIA, I. C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J. C. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2002. p.47-60.

HUDSON, N.W. **Soil conservation**. 3.ed. Ames, Iowa State University Press, 1995. 391p.

IKEMATSU, p.; SILVA, M. A.; PAULA, P. F.; NOGUEIRA, P. D. Dimensionamento e estudo dos fatores condicionantes de duas voçorocas localizadas no município de Sorocaba- SP. **Caminhos de Geografia**. Universidade Federal de Uberlândia v.8, n.54, 2007. p. 76- 85.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. **Parque Estadual da Serra da Concórdia**. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/unidades/pqpesc.asp>. Acesso: 1/07/2010.

LEPSCH, F. I. **Formação e conservação dos solos**. Cap.1. São Paulo, Oficina de Textos, 2002.

LOPES, P.R.C.; COGO, N.P. & CASSOL, E.A. Influência da cobertura vegetal morta na redução da velocidade da enxurrada e na distribuição de tamanho dos sedimentos transportados. R. Bras. Ci. Solo, 11:193-197, 1987.

MACHADO, R.L. **Perda de solo e nutrientes em voçorocas com diferentes níveis de controle e recuperação no médio vale do rio Paraíba do Sul, RJ**. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.



MARQUES, J. Q. A. Política de conservação do solo. Ministério da Agricultura.: Boletim. S.I.A., Serviço de Informação Agrícola. Brasília, DF, v 4. 73p, 1949.

MARQUES, J. F. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **RER**, v. 36, n. 1, jan./mar.1998.

MARQUES, F. J., PEREIRA, C. L. **Valoração Econômica dos Efeitos da Erosão: estudo de caso em bacias hidrográficas**. EMBRAPA. Jaguarina – São Paulo, 2004

MDL – Measurement Devices Limited. **Quarryman: sistema de escaneamento laser 3D para perfis de rochas sem refletor**. Disponível em: [http://www.alphageofisica.com.br/mdl/mdl\\_new/quarryman\\_SPANISH\\_br.pdf](http://www.alphageofisica.com.br/mdl/mdl_new/quarryman_SPANISH_br.pdf). Acesso: 2/07/2010

MELO, E. C.; LIMA, D. J.; SILVA, F. E. Relationships between water transparency and abundance of Cynodontidae species in the Bananal floodplain, Mato Grosso, Brazil. **Neotropical Ichthyology**. n.º. 7/2 p. 251-256, Jun.2009.

MENEZES, C. E. G. **Diagnóstico de degradação do solo em função da topografia e cobertura vegetal no município de Pinhal-RJ**. 1999. 186f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Ciência do Solo)- Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1999.

OADES, J.M. **Mucilagens at the root surface**. *J. Soil Sci., Oxford*, v. 29, p. 1-16, 1978.

OLIVEIRA, M. A. T. de. **Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p57-99, 1999.

PEDRO, F. G.; LORANDI, R. Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos – SP. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. n.º. 56/01, pp. 28 – 33, Nov.2004.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, DA D. D.; MATOS, A. T. de. Despreendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3. p.423-429, 2003.

POMIANOSKI, D. J. W. **Perdas de solo e água em sistemas agroflorestais da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) em diferentes declividades e manejos**. Dissertação (Mestrado em Curitiba: UFPR, 2005. 91p. Dissertação Mestrado

PRUSKI, F. F., GRIEBLER, N. P.; SILVA, J. M. A. Práticas mecânicas para controle da erosão hídrica. In PRUSKI, F. F. **Conservação do solo e da água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: Editora UFV. 2006. P. 131-171.

REZENDE, R. C. M. E. **Zoneamento ambiental para plantios de eucalipto no município de Vassouras, estado do Rio de Janeiro**. Monografia (Graduação em

Engenharia Florestal)- Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007

REZENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, B.S & CORRÊA, F.G. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5. ed. Lavras-MG: UFLA, p60, 2007.

RICHARD, G. Effect of the compaction on the porosity of a silty soil: influence on unsaturated hydraulic properties. *Eur. J. Soil Sci.*, Oxford, v. 52, p. 49-58, 2001.

RODRIGUEZ, T. T. **Caracterização e erodibilidade dos solos de uma voçoroca na região de Ouro Preto, Minas Gerais**.120p. Tese(Doutorado em Geotecnia – COPPE/UFRJ) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.2000.

ROCHA, A. C. P. **Aplicações do scanner a laser i-site para levantamentos topográficos**. R. Esc. Minas, Ouro Preto, p.307-311, 2002.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, P. N.; OLIVEIRA, C. F. L.; Chuvas intensas relacionadas à erosão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. n.2. 2010.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes (org.) **Terra: feições ilustradas**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

TOMMASELLI, A. M. G. Um Estudo Sobre as Técnicas de Varredura a Laser e Fotogrametria para Levantamentos 3D a Curta Distância. **GEODÉSIA Online - Revista da Comissão Brasileira de Geodésia**. nº. 4. 2003.

VIEIRA, F. V.: **Estimativa de perdas de solo por erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Geociências Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

VOLK, S. B. L.; COGO, P. N. Relação entre tamanho de sedimentos erodidos, velocidade de enxurrada, rugosidade superficial, criada pelo prepare e tamanho de agregados em solo submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.33. 2009.

WUTKE,D. J. **Métodos para avaliação de um sistema laser scanner terrestre**. 2006. 98p. Tese (Mestrado em Ciências Geodésicas- UFPR) – Faculdade de Geomática, Universidade Federal do Paraná, Paraná.