

## **GEOTECNOLOGIAS APLICADAS PARA MAPEAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS: ESTUDO DE CASO VOÇOROCA DO IJUÍZINHO**

*Geotechnologies applied to mapping erosive processes: case study Voçoroca  
do Ijuízinho*

**Jonatas Giovani Silva Aimon**  
**Universidade Federal de Santa Maria**  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Avenida Roraima, nº 1000, Campus UFSM, Prédio 17  
jonatasaimon@gmail.com

**Ricardo Vieira da Silva**  
**Universidade Federal de Santa Maria**  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Avenida Roraima, nº 1000, Campus UFSM, Prédio 17  
ric.sveira@gmail.com

**Marcos Ugalde de Araújo Goes**  
**Sustentasul Engenharia Ambiental**  
Centro, Santa Maria  
Vale Machado, 971  
marcos@sustentasul.com.br

**Telmo Almansa da Silva**  
**Sustentasul Engenharia Ambiental**  
Centro, Santa Maria  
Vale Machado, 971  
almansa@sustentasul.com.br

**Romario Trentin**  
**Universidade Federal de Santa Maria**  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Avenida Roraima, nº 1000, Campus UFSM, Prédio 17  
romario.trentin@gmail.com

### **Resumo:**

A erosão é um processo natural que ocorre na superfície terrestre, contribuindo decisivamente no modelado das feições do relevo. Entretanto devido às ações antrópicas, estão sendo desencadeados ou intensificados pelo uso excessivo do solo, especialmente em áreas agrícolas. O município de Eugênio de Castro/RS possui uma matriz essencialmente agrícola, contribuindo para o desencadeamento dos processos erosivos. Na identificação da Voçoroca utilizou-se um Drone modelo Phantom 4 Pro, desenvolvido pela DJI, para a tomada das fotografias aéreas tendo-se uma dimensão ampla e detalhada do tamanho da mesma, posteriormente tais imagens foram processadas obtendo-se o ortomosaico e o modelo digital de elevação e na sequência a geração dos mapas no ArcGIS desktop V. 10.1. Com base no ortomosaico foi possível extrair

informações sobre a área da Voçoroca, sendo calculados o perímetro 832,99 metros e a área de 0,37 hectares abrangendo a Voçoroca do Ijuízinho. Além disso, com base no MDE foi possível mensurar o volume estimado pela perda do solo em relação ao nível da superfície, sendo contabilizados 3.047,38 metros cúbicos de solo que foram carreados pelo processo erosivo, tal volume equivale a 254 caminhões do tipo basculantes (considerando capacidade de 12 m<sup>3</sup>). Ainda é necessário, ressaltar a importância das Áreas de Preservação Permanente na manutenção da estabilidade dos agregados do solo, pois esta funciona como uma barreira natural impedindo o avanço da voçoroca sobre o rio Ijuízinho. A partir da identificação da Voçoroca face necessário a continuidade dos estudos, bem como o contínuo monitoramento além da proposição do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas.

**Palavras-chave:** Drones, Fotogrametria, Susceptibilidade.

### Abstract

The erosive processes are natural phenomena occurring on the earth's surface, contributing decisively to the modeling of relief features. However due to the anthropic actions triggered by the excessive use of the soil, especially in agricultural areas. The city of Eugênio de Castro/RS has an essentially agricultural matrix contributing to the triggering of erosion processes. In the identification of Voçoroca was used a Drone model Phantom 4 Pro, developed by DJI, quadricopter for the taking of the photographs having a size of the same size, later these images were processed obtaining the orthomosaic and the digital model of elevation and in sequence the generation of the maps in the ArcGIS desktop V. 10.1. Based on the ortomosaic, it was possible to extract information about the Voçoroca area, being calculated the perimeter 832,99 meters and the area of 0,37 hectares covering Voçoroca do Ijuízinho. In addition, based on the MDE, it was possible to measure the estimated volume loss of the soil in relation to the surface level, with 3.047,38 cubic meters of soil being recorded by the erosion process, which corresponds to 254 trucks (considering capacity of 12 m<sup>3</sup>). It is important to emphasize the importance of Permanent Preservation Areas in maintaining the stability of soil aggregates, as this works as a natural barrier preventing the advance of the gull over the Ijuízinho river. From the Voçoroca identification, it is necessary to continue the studies, as well as the continuous monitoring beyond the proposal of the Recovery Plan for Degraded Areas.

**Keywords:** Drones, Photogrametry, Susceptibility.

## 1. INTRODUÇÃO

Antes mesmo do aparecimento do homem, os processos erosivos já ocorriam caracterizando um fato natural da dinâmica do planeta, ocorrendo a centenas de anos, impactando diretamente na formação e no modelado da superfície terrestre, das rochas e dos solos. Nesse sentido os processos erosivos contribuíram e contribuem diretamente para a esculturação do relevo, sendo de grande importância para a evolução das formas encontradas no ambiente terrestre. Entretanto, a erosão dos solos especialmente nas áreas agrícolas vem causando enormes prejuízos não só econômico, mas, sobretudo ambiental especialmente nessas áreas, devido a retirada da vegetação pré-estabelecida anteriormente. Para Guerra *et. al* (2005) sem a vegetação a chuva passa a ser um agente causador da erosão de acordo com a sua intensidade e duração, esse fenômeno meteorológico provoca um intenso escoamento superficial e por consequência lixiviação dos solos devido à compactação do mesmo provocado por fatores como a exploração inadequada, falta de manejo, rotação de cultura, entre outros. Refletindo-se na perda da sua bioestrutura, o tornando inviável para a exploração econômico-social.

Este fenômeno tem ocorrido de forma acentuada, e cada vez mais acelerada de forma que o meio ambiente não dispõe de tempo suficiente para sua completa regeneração. Ainda de

acordo com o mesmo autor, o modelo de produção de alimentos vigentes e a total incompatibilidade, com a restauração do ambiente apresentam-se como um dos principais fatores da degradação do solo associado ao uso recorrente e intensivo dos agroquímicos e das máquinas agrícolas, bem como as vias de acesso das propriedades rurais contribuem para desencadear os processos erosivos.

De acordo com (BRAGHIROLI & COSTA, 2016) a expansão das atividades ligadas às práticas agrícolas e à pecuária no território brasileiro vem exercendo forte pressão sobre os recursos ambientais. Estudos científicos têm comprovado de forma geral no Brasil, que as aplicações das técnicas de conservação e manutenção dos solos tropicais ainda não estão sendo aplicadas por todo o território. Mesmo diante de renomadas instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e no caso do Rio Grande do Sul, a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER/RS) que promovem e disseminam práticas sustentáveis no manejo do solo. Entretanto, quando a aplicação de tais técnicas, muitas das vezes elas não são eficazes devido à falta de monitoramento contínuo e manutenção.

No território brasileiro, a perda da camada superficial é a principal forma de degradação dos solos. De acordo com Hernani *et al.* (2002) dada a expansão e a ampliação da fronteira agrícola. Estimativas apontam perdas na ordem de 750 milhões de toneladas anualmente nas áreas de lavoura, e de 70 milhões de toneladas nas áreas de pastagens em todo o país. Especificamente na região sul do Brasil, segundo (MANZATTO; JUNIOR; PEREZ, 2002) 40% de suas terras já apresentam com elevado grau de vulnerabilidade apontando que solos de maior susceptibilidade à erosão estão sendo fortemente pressionados pelo uso excessivo. Entretanto a mesma região vem adotando práticas conservacionista desde os anos 80 como o Plantio Direto apresentando mais de 70% da área principalmente com culturas anuais. É dentro dessa dinâmica de uso e ocupação do solo, em que muitas das vezes o coloca em elevado potencial de suscetibilidade, desencadeando à degradação ambiental e que por consequência o surgimento das voçorocas.

Fushimi (2012) salienta que em áreas onde há vulnerabilidades geológicas e pedológicas ou alterações importantes pelo uso intensivo do solo, o fluxo de água pode ser linear e concentrado, aumentando a velocidade de infiltração da água e, conseqüentemente, a profundidade do canal. Assim, a concentração dos sedimentos transportados pela água atrita com o fundo dos pequenos canais formados, originando às ravinas. Para Oliveira (1999), as ravinas seriam os canais criados pela ação do escoamento superficial; e as voçorocas, os canais esculpidos pelo afloramento do lençol freático. Nesse sentido, as voçorocas são processos inter-relacionados quando diversos fatores se conjugam associado aos desequilíbrios ambientais ou provocado pelas ações antrópicas. Ou seja, quando há aumento da concentração de fluxos de águas, desmatamento, uso intensivo do solo e aumento da declividade. Os locais onde a ocorrência de maior concentração de erosões lineares são o primeiro ponto a ser considerado, tais áreas consistem em zonas de confluências por existir um elevado grau de concentração de erosões lineares, pois as mesmas consistem em zonas de convergência dos fluxos superficial e subterrâneo principalmente nas cabeceiras dos cursos d'água. Existindo assim uma interação sinérgica que desencadeia os processos causadores de incisões sobre as vertentes.

Tais características apresentadas nas áreas de cabeceira de drenagem, são fatores desencadeadores que devem ser considerados como áreas de risco de erosão e, portanto, de formação de voçorocas. Salomão (2009), afirma que as voçorocas são fenômenos caracterizados pelo alto poder de causar destruição, seja em áreas urbanas ou rurais, pelos quais associada a ocorrência de diversos fenômenos, como solapamentos, erosões internas, erosões superficiais, desabamentos e escorregamentos. Portanto as voçorocas apresentam ameaças à estabilidade do solo e riscos à população que vive próxima a elas, devido a sua dinâmica catastrófica e muitas vezes imprevisível (FRANCISCO, 2011).

Nesse sentido, este estudo tem como objetivo. Identificar, mapear e analisar as feições erosivas, suas causas e consequências relacionadas às práticas agrícolas, com o uso das Geotecnologias, em especial os Drones.

## **2. METODOLOGIA**

Para a construção do artigo buscou-se na bibliografia complementar, suporte teórico e científico a respeito do tema. Logo, o método dedutivo foi utilizado, a partir dos resultados de estudos anteriores, apontando inferências e constatações com base no estudo de caso.

### **2.1. Materiais utilizados**

Na aquisição das fotografias aéreas utilizou-se um Drone modelo Phantom 4 Pro, desenvolvido pela DJI, quadricóptero, com autonomia de voo de 30 minutos, podendo atingir velocidade de até 50 km/h (DJI, 2017). O aparelho possui uma câmera acoplada com sensor de 20 megapixels, garantindo uma boa resolução espacial e filmagens em formato 4K, podendo facilmente realizar a confecção de ortomosaico com resolução inferior a 5cm/pixel.

No planejamento e execução do plano de voo sobre a área de estudo utilizou-se o software Drone Deploy, adotando-se como parâmetro, sobreposição lateral de 60% e longitudinal 70%, altura de voo de 60m, visando resolução final de 5 cm.

Para confecção dos mapas finais e elaboração do perfil longitudinal utilizou-se o software ArcGis 10.1.

### **2.2. Área de Estudo**

A área da realização da pesquisa está localizada no Noroeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). O município de Eugênio de Castro possui uma altitude média de 257 m, 2.798 habitantes (IBGE, 2010), dispostos em uma área de 419.297 km<sup>2</sup>.

O relevo do município é predominantemente plano a ondulado, composto por planícies acima do rebordo da Serra Geral. Também é possível notar algumas colinas, conforme Florenzano (2008, p.13), “baixas elevações do terreno, com topos arredondados, amplitudes entre 20m e 60m e declividades baixas”.

O clima da região, conforme classificação de Köppen (1931) é Subtropical - Cfa, com médias anuais de temperatura de 23,4 °C e pluviosidade média anual de 1.240 mm, com estações bem definidas sem período de seca.

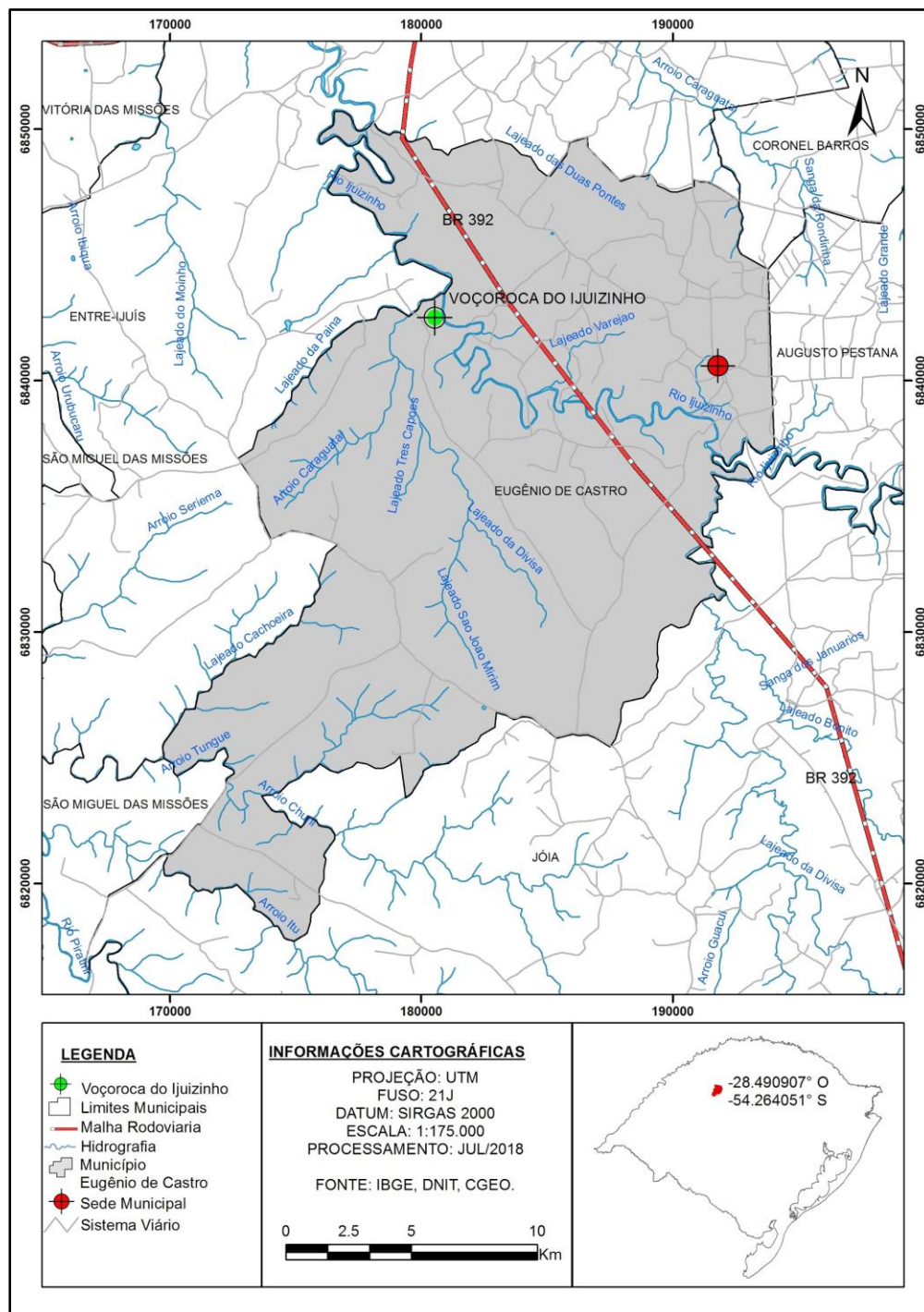


Figura 1 – Área de Estudo: Voçoroca do Ijuizinho.

Fonte: Autores.

A pedologia predominante é formada pelo grupo dos latossolos, com horizontes bem desenvolvidos, altamente sensíveis a ocorrência de processos erosivos. A economia é predominante movida pelo setor primário, com grandes áreas de latifúndio onde predomina o

cultivo da soja.

### 2.3. Processos Erosivos

No local (Figura 2) encontra-se uma voçoroca em estágio avançado denominada como “Voçoroca do Ijuízinho” principal recurso hídrico da região. Na bibliografia buscada não há citações sobre o início dos processos erosivos no interior da propriedade, mas as imagens de satélite denotam sua existência há no mínimo 20 anos.

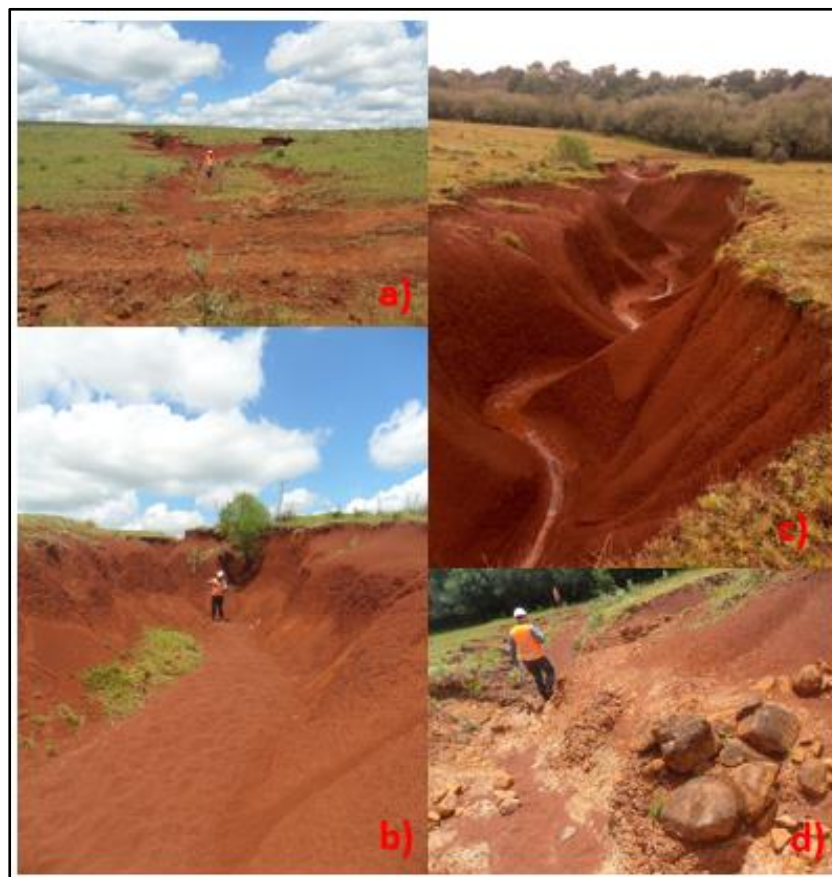


Figura 2 – a) Vista da parte Inicial; b) Porção mais larga da Voçoroca; c) Parte Central Meandrante da Voçoroca; d) Parte com Afloramento de rochas.

Fonte: Autores.

Devido aos sucessivos cultivos sem manejo adequado, a prática do pousio e a fragilidade do tipo de solo, chama atenção à ocorrência de processos erosivos no interior do município de Eugênio de Castro, ainda se destacam as obras civis como abertura de estradas sem compactação necessária ou drenagem, sendo as principais fontes causadoras de novos processos.

Ao Norte da principal feição erosiva apresentada, destaca-se à formação de pelo menos mais dois novos delineamentos que poderão vir a tornarem-se novas Voçorocas, reforçando a

necessidade do monitoramento e controle da região de estudo.

### 3. RESULTADOS

Através da aplicação da fotogrametria, em especial o uso dos Drone foi mapeada e caracterizada a forma da Voçoroca do Ijuízinho, até então desconhecida ou mensurada. Com base na produção do ortomosaico de resolução espacial de 5 cm, foi possível observar com riqueza de detalhes as diferentes porções da voçoroca e seu interior.

Com base no ortomosaico (Figura 3) foi possível extrair informações sobre a área da Voçoroca, sendo calculados através do ambiente computacional o perímetro total 832,99 metros e área de 0,37 hectares abrangendo a Voçoroca do Ijuízinho.

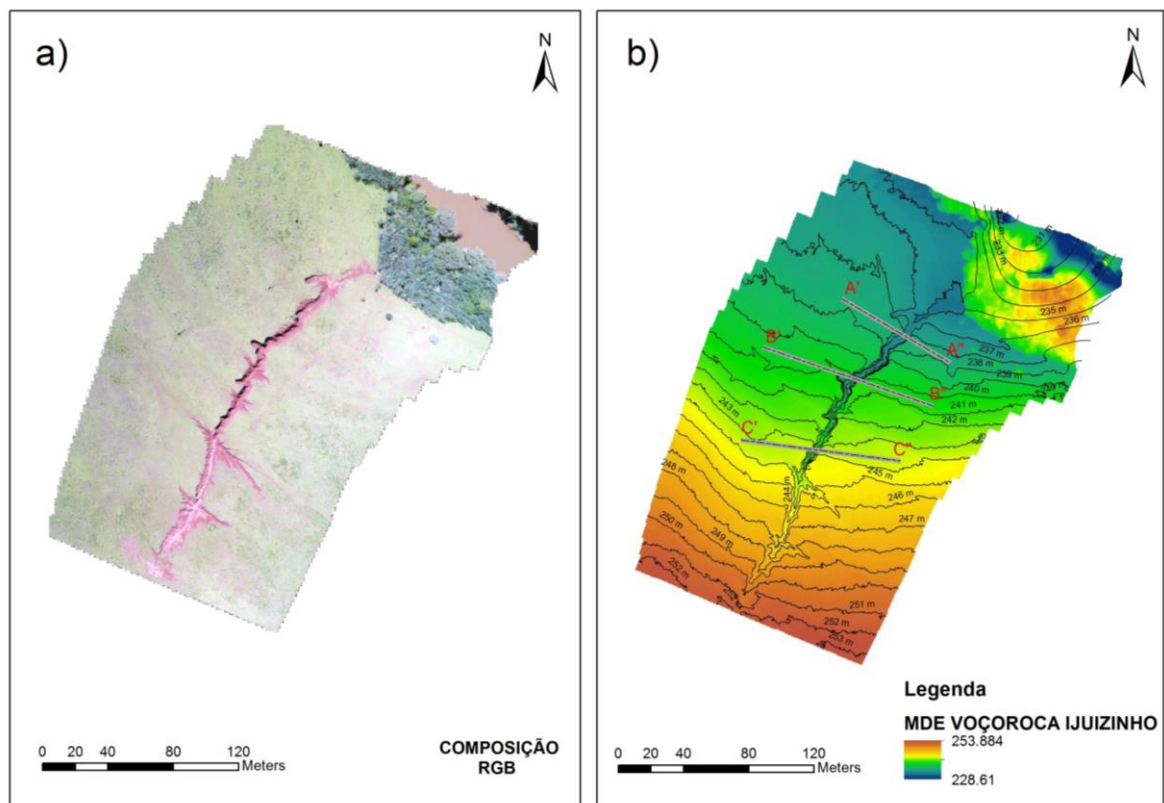


Figura 3 – a) Apresentação ortomosaico e b) modelo digital de elevação.

Fonte: Autores.

Além disso, com base no MDE foi possível mensurar o volume estimado de perda do solo em relação ao nível da superfície, sendo contabilizados 3.047,38 metros cúbicos de solo que foram carregados pelo processo erosivo, equivalente a 254 caminhões do tipo basculantes carregados (considerando capacidade de 12 m<sup>3</sup>).

Ainda com produção do Modelo Digital de Elevação e após as curvas de nível, observou-se o comportamento do relevo, também com a criação de perfis de elevação fica

nítida a fragilidade desta área, pois na parte mais central o desnível do topo da superfície até o interior pode variar até aproximadamente 5m.

Nos primeiros 30m após a Área de Preservação Permanente-APP a Voçoroca apresenta pouca variação na perda de solo, sendo a região de acumulação da parte mais elevada do terreno. Logo após avançando 15 metros o fundo desta aumenta consideravelmente atingindo 2 metros e cerca de 3 metros de largura, como pode ser visualizado no Perfil da Figura 4.

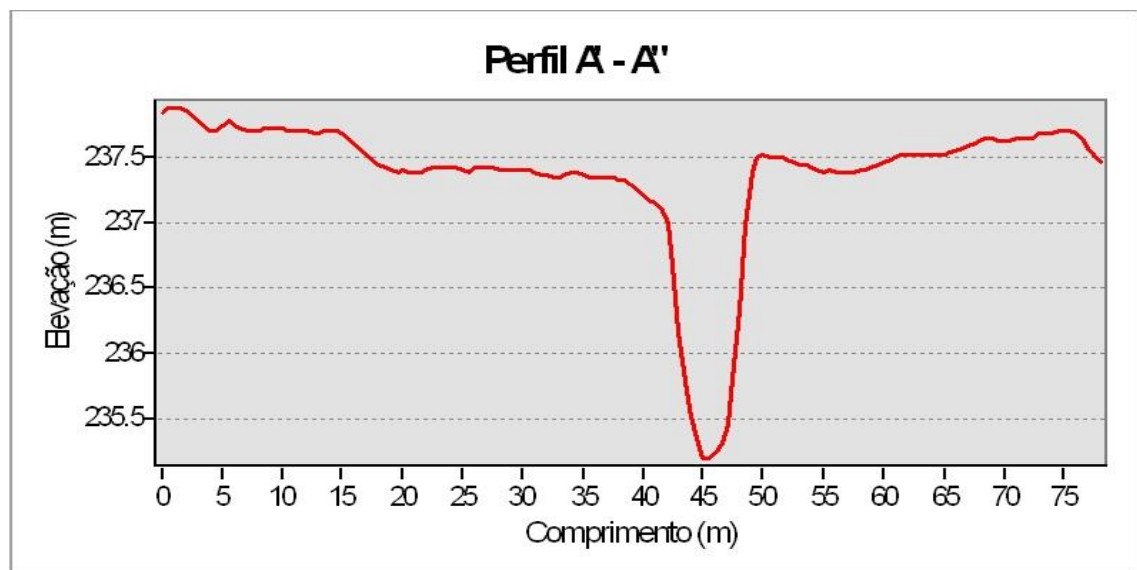


Figura 4 – Perfil longitudinal A'-A'' sentido Sudoeste na Voçoroca do Ijuízo. Fonte: Autores.

Na porção média, conforme a Figura 5, o cenário é crítico atingindo em alguns pontos mais de 5 metros de profundidade em relação ao topo da superfície e mais de 12 metros de largura.

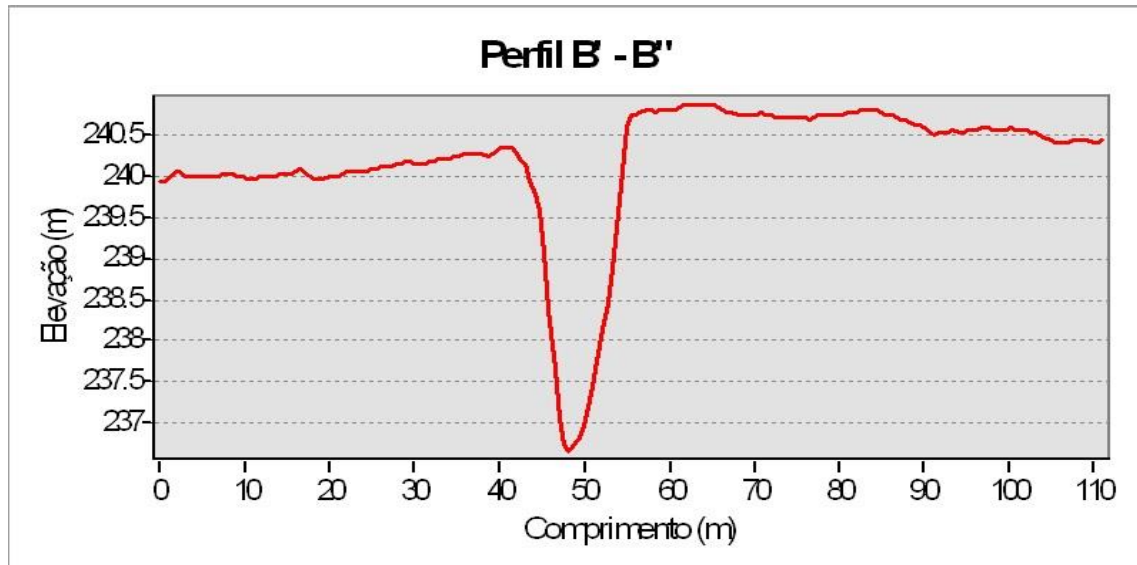


Figura 5 – Perfil longitudinal B' - B'' Sentido Sudoeste na Voçoroca do Ijuízo. Fonte: Autores.

Na Figura 6 na área distante 135 metros da margem da APP, a Voçoroca volta novamente a se estreitar, porém ainda com profundidade aproximada de 4 metros. Logo após este ponto visualmente e pelo modelo de elevação é possível visualizar a formação de dois canais recentes que podem apontar a expansão da ramificação da Voçoroca, carecendo de novos acompanhamentos para maiores conclusões.

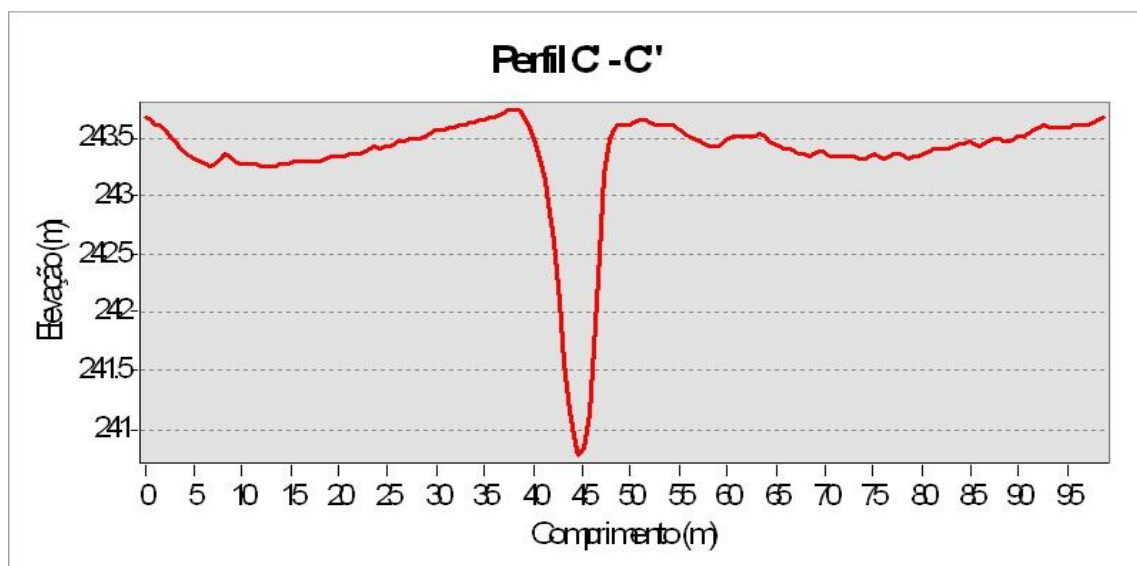


Figura 6 – Perfil longitudinal C' - C'' Sentido Sudoeste na Voçoroca do Ijuízo. Fonte: Autores.

Com base na análise prévia sobre a área de estudo é necessário ressaltar a importância da vegetação ribeirinha nas cotas de menor altitude próximo ao Rio Ijuízinho. Este pequeno aglomerado de árvores esparsas que compõem a APP do rio utiliza de suas raízes para fixar e estabilizar os taludes.

Nesse sentido as APPs desempenham funções importantes contra o avanço dos processos erosivos, em especial nesse estudo as voçorocas, pois as mesmas têm como função ambiental a preservação dos recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, contribuindo para o estabelecimento do fluxo gênico da fauna e flora, protegendo o solo e assegurando o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Bertoni (1985) enfatiza que as áreas com mata nativa tem uma perda de solo em média de 4 kg de solo por hectare/ano comparado às áreas com plantio de soja e algodão a perda nessas áreas chega a ser de 20 toneladas por hectare/ano. Portanto, a retirada da vegetação nativa se agrava quando a mesma é substituída por culturas agrícolas. Ainda de acordo com Schäffer e Prochnow (2002) a preservação das APPs de margens de cursos d'água protege não somente o solo da própria APP, mas contribui ou evita também que o solo e outros detritos provenientes da erosão das áreas agrícolas ou pastagens do seu entorno sejam carregadas para os cursos d'água.

Na vistoria próxima a margem foi possível visualizar o caminho gerado pelo fluxo da água, restando apenas o material de granulação média a grosseira, carregado pela força do escoamento superficial (Figura 6). Nesta parte de menor altitude, é possível observar próximo a área de APP uma grande quantidade de sedimento acumulado próximo à vegetação ribeirinha, reforçando a necessidade de preservação deste sistema para estabilização dos processos erosivos.



Figura 6 – a) Início da Voçoroca; b) Início da APP detalhe caminho drenagem sentido Sudoeste; c) Interior da APP caminho da drenagem com acúmulo de material grosseiro; d) Foto aérea detalhe final da Voçoroca e início da APP.

Fonte: Autores.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização da pesquisa cumpriu com os objetivos iniciais do trabalho, explorar as funcionalidades das geotecnologias e suas aplicações para monitoramento e mensuração de processos erosivos.

A precisão e o detalhamento das imagens feitos com uso de Drone chama atenção pelo detalhe e a possibilidade da visualização das feições em 3D, além da praticidade e facilidade de operação desta tecnologia recente.

Os dados obtidos a partir do estudo como. Áreas e as medidas oriundos da Voçoroca compuseram um importante registro para novas pesquisas bem, como para o acompanhamento contínuo da área que pode ser considerada de elevada suscetibilidade a novos processos erosivos.

#### Agradecimentos

Agradecemos a Sustentasul Engenharia Ambiental pelas fotografias aéreas da área de estudo, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de

bolsa de estudos.

### Referências Bibliográficas

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392p.

BRAGHIROLI, T.L.P; COSTA, R.A. **Proposta para Análise das Dinâmicas Erosivas de uma Voçoroca Localizada nos Bairros Nova Ituiutaba na Cidade de Ituiutaba-MG**. p. 131 -146. In: NEVES, A.F; PAULA, M.H; ANJOS, P.H.R; BERNARDO, J.L; PIRES, M.G.G. Estudos Interdisciplinares em Ciências Ambientais, Território e Movimentos Sociais. São Paulo: Blucher, 2016.

BRASIL. Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001. **Cadastro Nacional de Imóveis Rurais**. Disponível em: < <http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 09 Julho 2018

**DJI**: Phantom 4 Pro. Disponível em: <https://www.dji.com/phantom-4-pro>. Acesso em: 30 mar. 2017.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 72-104.

FRANCISCO, A. B. **O processo de voçorocamento no perímetro urbano de Rancharia – SP: sua dinâmica e as propostas de recuperação**. 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.

FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP**. 2012. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.

GUERRA, A.T; SILVA, A.S; BOTELHO, R.G.M. **Erosão e Conservação do Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 340p.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 07 jul. 2018

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica, 1931.

MANZATTO, C. V.; JUNIOR, E. D. F.; PEREZ, J. R. R. **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**. Embrapa Solos. 2002.

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**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SCHÄFFER, W; PROCHNOW, M. **A Mata Atlântica e Você: Como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. Brasília: Apremavi, 2002.