

RELAÇÃO DE VOÇOROCAS E ÁREAS DE FRAGILIDADE AMBIENTAL NA MICROBACIA DO RIO JARAUCÚ NO MUNICÍPIO DE BRASIL NOVO – PARÁ

RELATIONSHIP OF GULLIES EROSION AND AREAS OF ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN THE MICROBASIN OF JARAUCÚ RIVER IN THE MUNICIPALITY OF BRASIL NOVO – PARÁ

Rangel de Freitas Alves*
Sandra Andréa Santos da Silva**
Wellington de Pinho Alvarez***

Resumo:

A microbacia do Jaraucú apresenta uma alta incidência de voçorocas, que estão causando não apenas impactos ambientais como socioeconômicos. Diante disso, é de fundamental importância a obtenção de informações como a fragilidade ambiental para subsidiar a elaboração de um planejamento ambiental que leve em conta as características da dinâmica vigente na bacia, a fim de evidenciar possíveis ações para mitigação dos problemas existentes e melhor aproveitamento dos recursos hídricos. A metodologia utilizada baseou-se na adaptação da Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados proposta por Ross em 1994. Consiste nos estudos básicos da declividade, hipsometria, tipo de solo, uso e cobertura da terra. Para avaliar cada uma das variáveis, estabeleceu-se pesos ou notas a cada situação que as variáveis apresentaram. Foram atribuídos pesos que variaram de 1 a 5 quanto a sua fragilidade. As voçorocas estão mais representativas respectivamente na fragilidade média, forte e muito forte. Constatou-se que a microbacia enfrenta problemas ambientais e estes afetam diretamente a disponibilidade de recursos hídricos, necessitando de uma melhor gestão territorial em Brasil Novo. A pastagem representa 64,38% da microbacia, nela está presente 77,14% das voçorocas.

* Universidade Federal do Pará - Faculdade de Engenharia Florestal/Discente

** Universidade Federal do Pará - Faculdade de Engenharia Agrônoma/Docente

*** Universidade Federal do Pará - Faculdade de Geografia/Docente

Abstract:

The Jaraucú microbasin present a high incidence of gullies erosion, which are causing not only environmental problems, but also socioeconomic impacts. As a result, it is important to obtain information about the environmental fragility because this can help in the elaboration of an environmental planning that takes into account the characteristics of the current dynamics of the basin, and thus highlight possible actions to mitigate the existing problems and to encourage better use of the water resources. The methodology used was adapted from the Empirical Analysis of the Fragility of the Natural and Anthropic Environments proposed by Ross in 1994 which consists of basic studies on declivity, hypsometry, type of soil, and land use and cover. To evaluate each one of the variables, weights or scores were established to each situation in which they were found. The weights ranged from 1 to 5 regarding their fragility. The gullies were more representative in the medium, strong and very strong fragility. It was verified that the microbasin faces environmental problems and these directly affect availability of water resources, requiring better territorial management in New Brazil. The pasture represents 64.38% of the microbasin, in which 77.14% of the gullies erosion are present.

Palavras-chave:

Assoreamento; Desequilíbrio do ecossistema; Erosão hídrica.

Keywords:

Sedimentation; Ecosystem imbalance; Hydric erosion.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a ocupação do território se deu através da substituição da cobertura florestal nativa por atividades agropecuárias que constantemente baseava-se na exploração desordenada dos recursos naturais, não levando em conta a sua importância ambiental e a sustentabilidade. Esse processo histórico de ocupação tem sido o causador de diversos problemas ambientais, destacando-se a expressiva redução da qualidade dos solos e a intensificação da erosão hídrica, associados à diminuição da disponibilidade qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos (COUTINHO et al., 2013).

A erosão é um processo que ocorre em toda a superfície terrestre, e em parceria de outros processos naturais, ela é a responsável pela modelagem das formas de relevo. Porém com o incremento da ação antrópica no meio ambiente por meio da supressão da cobertura vegetal para a inserção de práticas agrícolas, exploração de bens minerais e implantação de núcleos urbanos, os processos erosivos se intensificam e causam sérios danos que comprometem os principais recursos naturais do planeta, o solo e a água superficial (CARVALHO et al., 2010).

Dentre as categorias de erosão que existem, as erosões lineares (voçorocas) se destacam. Nesta, a ação antrópica atua em peso, acelerando o processo e promovendo uma ruptura no equilíbrio natural existente, principalmente através do uso e ocupação do solo, quando efetuado de maneira inadequada. São vários os elementos que interferem para a evolução dos processos erosivos lineares: relevo, tipo de solo, cobertura vegetal e a pluviosidade (IKEMATSU et al., 2006).

A falta de informações relacionadas ao meio físico, juntamente com a prática de atividades aliadas à deficiência de técnicas conservacionistas, sem considerar a capacidade de suporte do meio físico, ocasionam desequilíbrios nos sistemas ambientais (VANZELA; HERNANDEZ e FRANCO, 2010) que podem ser temporários e/ou permanentes (FRANCO; HERNANDEZ e LIMA, 2013). De acordo com Ferreira et al (2017), o uso e ocupação das terras na maioria das bacias hidrográficas brasileiras ocorrem sem um planejamento adequado. Vários pesquisadores têm identificado e ressaltado os impactos ambientais como erosão, assoreamento de córregos e rios e o comprometimento da qualidade da água como resultado do desequilíbrio ocasionado por conta do planejamento inadequado.

Para Gimenes e Augusto Filho (2013), a desestabilização de um ecossistema, dada uma perturbação

que pode ser natural ou antrópica, é considerada como fragilidade. Para ser avaliada, a perturbação em questão deve ser identificada e os principais atributos que poderão ser afetados, como bióticos (fauna, flora) e abióticos (solo, recursos hídricos, etc.) também. Segundo o mesmo, ao se observar na literatura científica internacional as primeiras definições do termo fragilidade, percebe-se um consenso entre autores em que a fragilidade de um ambiente se traduz pela desestabilização de um equilíbrio dinâmico preexistente.

Segundo Ross (1994), através de relações e equilíbrio dinâmico se processam na natureza as trocas de energia e matéria. Essa dinâmica do meio ambiente dos ecossistemas é tão importante para a conservação e o desenvolvimento dos recursos ecológicos quanto a dinâmica das próprias comunidades biológicas (TRICART, 1977).

A fragilidade dos sistemas ambientais pode ser maior ou menor às ações antrópicas dependendo de suas características genéticas. Se ocorre alguma alteração nos componentes da natureza (relevo, vegetação, solo, clima e recursos hídricos), a funcionalidade do sistema é comprometida, quebrando o seu estado de equilíbrio dinâmico. Com a avaliação conjunta dessas variáveis, é possível a obtenção do diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais (SPORL e ROSS, 2004).

Os estudos analíticos referentes a fragilidade manifestos através de cartogramas e textos, são de extrema importância ao Planejamento Ambiental, que tem o desenvolvimento sustentado como a principal preocupação, onde conservação e recuperação ambiental andam lado a lado com desenvolvimento tecnológico, econômico e social (ROSS, 1994).

O SIG tem sido uma tecnologia utilizada por vários setores que abordam a questão ambiental como uma ferramenta importante para o planejamento ambiental, pois a análise integrada de um grande número de variáveis se torna possível e simplificada com o uso deste sistema. Ele permite de forma rápida a geração de informações intermediárias e finais, além de possibilitar a inclusão de variáveis que anteriormente não foram pensadas, visto que permite novas interações a qualquer momento (DONHA; SOUZA e SUGAMOSTO, 2006).

O mapa de fragilidade ambiental é um importante instrumento para o planejamento ambiental, tendo como principal objetivo a priori identificar áreas onde a ocupação agrícola pode gerar impactos ao meio natural e a posteriori na minimização dos impactos da ação antrópica sobre o meio natural, evitando processos ero-

sivos intensos e assoreamento de cursos d'água (FRANCO, HERNANDEZ & LIMA, 2013).

A área de estudo apresenta problemas de voçorocamentos que estão causando não apenas impactos ambientais como socioeconômicos. Diante disso, é de fundamental importância a obtenção de informações para subsidiar a elaboração de um planejamento ambiental que leve em conta as características da dinâmica vigente na bacia, a fim de evidenciar possíveis ações para mitigação dos problemas existentes e melhor aproveitamento dos recursos hídricos.

O presente trabalho tem como objetivo realizar o mapeamento de fragilidade ambiental da microbacia do Jarauçú e estabelecer correlação com a localização das voçorocas, utilizando uma adaptação da proposta metodológica da Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados de Ross (1994), baseada no conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

Brasil Novo é um município do Estado do Pará com uma população estimada em 2017 de aproximada-

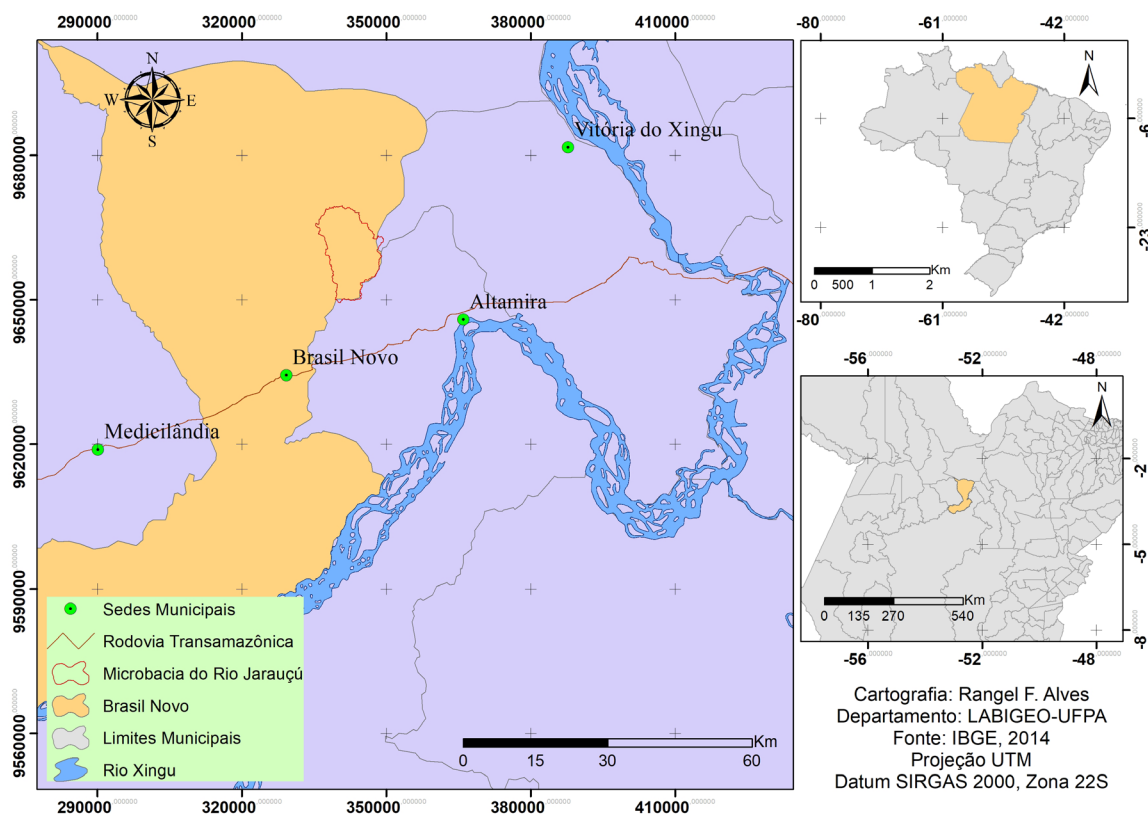
mente 14.689 habitantes (IBGE, 2017). Sua área territorial é de 6.362,575 km², e sua sede encontra-se na latitude de 3°18'25.88"S, longitude 52°32'12.81"O.

A área de estudo está localizada na região nordeste de Brasil Novo-PA (figura 1), nas seguintes coordenadas: latitude 3°03'63"S, longitude 52°26'00"O. A microbacia do Rio Jarauçú tem 167,6 km² de extensão (16.760 ha).

A economia do município está estruturada na pecuária extensiva de corte, extração de madeira de lei, comércio e prestação de serviços básicos, agricultura perene (cacau, café, pimenta-do-reino, frutas) e culturas agrícolas anuais (feijão, arroz, milho, mandioca, etc.), além de algumas indústrias artesanais e serrarias de médio porte (IBGE, 2006).

Apresenta um clima tropical, classificado como Aw de acordo com a Köppen e Geiger, temperatura média de 25.4 °C e 1704 mm é o valor da pluviosidade média anual. O mês mais seco tem uma diferença de precipitação de 301 mm em relação ao mês mais chuvoso. A temperatura média do mês de setembro, o mês mais quente do ano, é de 26.1 °C e a do mês de janeiro, o mês com a mais baixa temperatura ao longo do ano, é de 24.8 °C. O mês mais seco é setembro e tem 25 mm de precipitação e o mês de maior precipitação é março,

Figura 1- Mapa de localização da microbacia do Rio Jarauçú em Brasil Novo.



tem uma média de 326 mm (CLIMATE-DATA.ORG).

Organização metodológica

Visita à campo

Foram realizadas duas visitas a campo. A primeira foi uma visita de reconhecimento da área de estudo (visita exploratória), sendo esta realizada em agosto de 2016. A segunda visita em novembro de 2016, foi planejada para a identificação em campo e avaliação de algumas voçorocas.

Aquisição de informações e dados

Consistiu na Pesquisa bibliográfica e documental (livros, artigos, monografias, teses, dissertações, leis, etc).

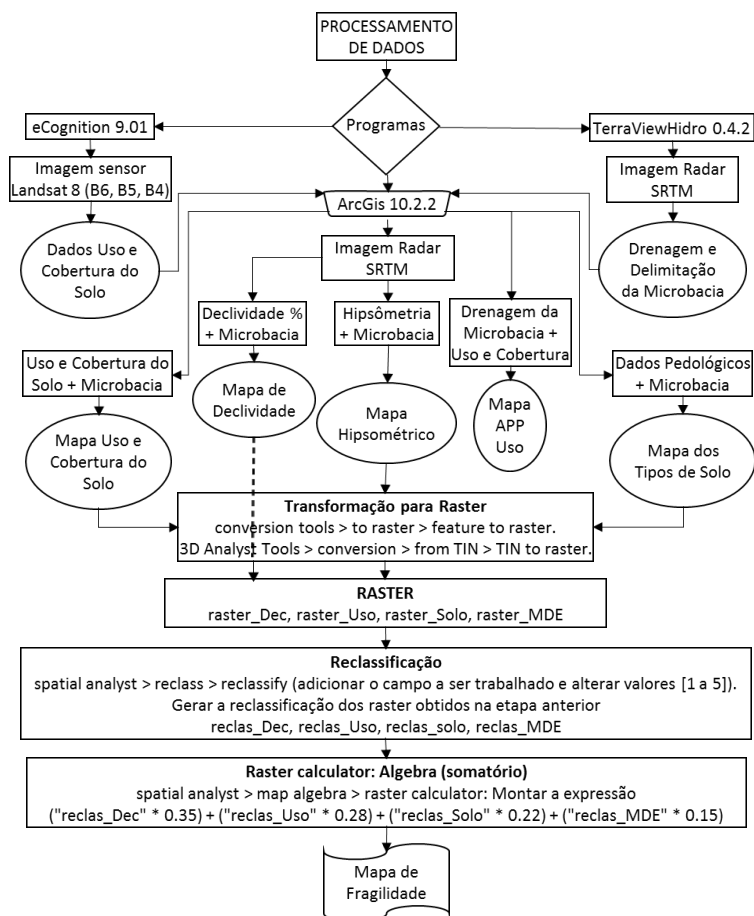
Foi adquirida uma imagem de radar do *Shuttle*

Radar Topography Mission (SRTM), na órbita e ponto Landsat 226/062, com resolução espacial de 30 m (*Entity ID: SRTM1S04W053V3, Publication Date: 23-SEP-14*) e uma imagem LandSat 8 (LC08_L1TP_226062_20170727_20170810_01_T1), ambas são disponibilizadas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Os dados pedológicos adquiridos, são dados de Solos do Estado do Pará (intitulado Xingu; tem um formato de dados vetorial; data 2016-11-07T11:26:06; nome padrão dos metadados ISO 19115:2003/19139; codificação de caracteres do banco de dados: UTF-8), é um conjunto de dados temáticos geoespaciais, na escala 1:250.000 que identifica e cartografa as diferentes classes de solos do Estado. Esse dado está disponível no SIAGEO Amazônia.

Foram mapeadas 35 voçorocas na microbacia do Rio Jarauçú, através do aplicativo Google Earth Pro.

Figura 2 - Esquema do processamento de dados



Fonte: Organização dos autores.

Metodologia aplicada

A metodologia utilizada baseou-se na adaptação da Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados proposta por Ross em 1994. Tal metodologia consiste de estudos básicos da declividade, hipsometria, tipo de solo, uso e cobertura da terra. Para o processamento dos dados, foram utilizados três programas: o eCognition, ArcGis e o TerraViewHidro.

No eCognition, utilizou-se a análise supervisionada de uma imagem Sensor Landsat 8 de agosto de 2017 para segmentação e classificação do uso e Cobertura do solo. Foram definidas apenas três classes; Floresta, Vegetação Secundária e Pastagem.

No TerraViewHidro, utilizou-se uma imagem SRTM, fora feito a correção de vazios no raster com a ferramenta FILL, logo em seguida obteve-se a área de acumulação para a extração da drenagem e delimitação da microbacia, em seguida ambos os dados foram importados para o ArcGis.

No ArcGis, foi gerado o mapa de uso e cobertura do solo e o de uso e cobertura na Área de Preservação Permanente. A espacialização das áreas destinadas à preservação permanente (APP), foram definidas conforme o Art. 3º, item II e delimitada nos termos do Art. 4º itens I, II, IV, V e IX da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), e elaborada pelo método de buffer (mapa de distância) após a vetorização da rede de drenagem e identificação das nascentes. O buffer para os cursos d'água foi de 30 (trinta) metros e para as nascentes foi de um raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

Foi realizado também uma interpolação do tipo Rede Triangular Irregular (TIN), onde a elevação digital é convertida em um modelo do terreno no qual a superfície é coberta por triângulos conectados, gerando assim o mapa hipsométrico e em seguida foi elaborado o mapa de declividade. O dado dos tipos de solos foi editado e em seguida gerou-se o mapa. Foram identificadas 35 voçorocas na microbacia do Rio Jarauçú, através do aplicativo Google Earth Pro e em seguida os pontos foram importados para a plataforma do Arcgis (figura 2).

Para avaliar cada uma das variáveis, foram estabelecidos pesos ou notas a cada situação que as variáveis apresentaram. Foram atribuídos pesos que variaram de 1 a 5 quanto a sua contribuição para a fragilidade do ambiente. Os pesos estão respectivamente nas seguintes classes: Muito fraca, Fraca, Média, Forte e Muito forte.

Para definir os intervalos das classes de declividade, foram utilizados os intervalos já consagrados nos estudos de aptidão agrícola associados aos valores já

conhecidos dos limites considerados críticos para geotecnica. Os pesos para a variável declividade, adotado de Ross (1994), é apresentado a seguir, na tabela 1.

Tabela 1 - Fragilidade das classes de declividade

Classes de Declividade	Classes de Fragilidade	Peso
Até 6%	Muito fraca	1
De 6 a 12%	Fraca	2
De 12 a 20%	Média	3
De 20 a 30%	Forte	4
Maior que 30%	Muito forte	5

Fonte: Ross (1994).

Para a variável uso e cobertura do solo, a floresta continuou com o peso definido por Ross (1994), entrou a vegetação secundária com peso dois e a pastagem que era considerada por Ross como peso dois, passa a ter peso cinco por se tratar de uma pastagem bem degradada, com alto pisoteio de gado. É apresentada a seguir a definição dos pesos na tabela 2.

Tabela 2 - Fragilidade das classes de uso e cobertura do solo

Uso e Cobertura do Solo	Classe de Fragilidade	Peso
Florestas	Muito fraca	1
Vegetação Secundária	Fraca	2
Pastagem	Muito Forte	5

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

A definição dos pesos para a variável tipo de solo, levou em consideração a textura que vai respectivamente de argilosa/muito argilosa - média - arenosa/média. É apresentada a seguir na tabela 3.

Tabela 3 - Fragilidade das classes de tipos de solo

Tipos de solo	Fragilidade	Peso
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Petróplítico e Típico	Fraca	2
Latossolo Amarelo Distrófico Típico	Forte	4
Argissolo Amarelo Distrófico Típico	Muito forte	5

Fonte: Dos autores.

Para a definição dos pesos da variável hipsométrica, levou em consideração a relação entre altitude, canais de drenagem e voçorocas. Como as voçorocas estão

conectadas aos canais de drenagem e estes estão mais presentes nas menores elevações, então as menores elevações receberam um maior peso. É apresentada a seguir na tabela 4.

Tabela 4 - Fragilidade das classes de hipsometria

Hipsometria	Fragilidade	Peso
196,1 – 220	Muito fraca	1
172,1 – 196	Fraca	2
148,1 – 172	Média	3
124,1 – 148	Forte	4
100 – 124	Muito forte	5

Fonte: Dos autores.

Para a elaboração dos mapas temáticos de fragilidade ambiental, considerou-se as variáveis apresentadas a cima; declividade, uso e cobertura, tipo de solo e hipsometria. As variáveis que não eram raster, foram transformadas em raster, depois todas foram reclassificadas com seus respectivos pesos conforme as tabelas e em seguida utilizou-se a Álgebra de mapas, que consiste no cruzamento dos mapas gerados no ArcGis, onde é realizado sobreposições de vários mapas utilizando uma

escala comum e pesos para cada classe conforme sua importância. Os pesos são o grau de relevância de cada uma das informações e sua soma deve totalizar 1. A fórmula ficou assim: (“reclas_Dec” * 0.35) + (“reclas_Uso” * 0.28) + (“reclas_Solo” * 0.22) + (“reclas_MDE” * 0.15). Com o auxílio do reconhecimento de campo e identificação das voçorocas, os pesos foram determinados de forma que a sua soma resultasse em um produto que melhor representasse a área de estudo. Para isso foram testados vários pesos.

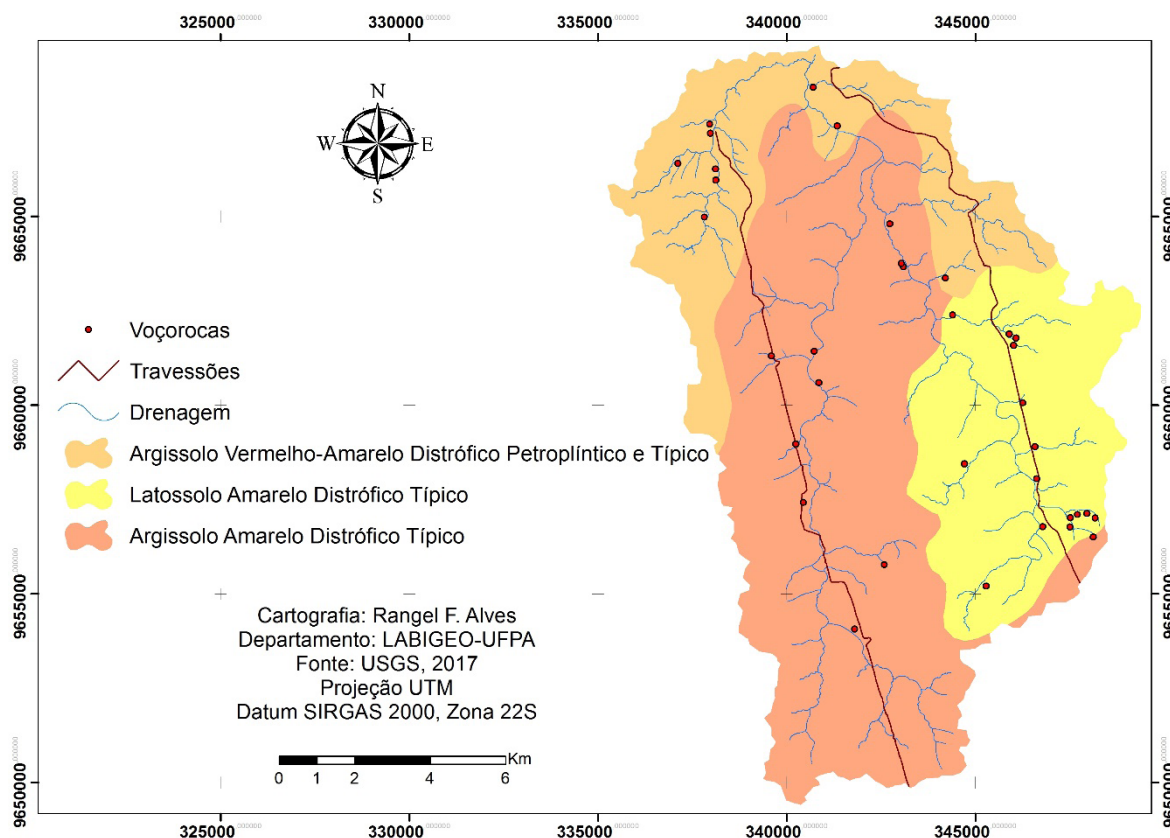
O produto final do trabalho sintetiza a soma das variáveis (tipo de uso e cobertura da terra, tipo de solo, declividade, hipsometria) ou seja, o cruzamento de dados para a obtenção do grau de fragilidade a qual está exposta a área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tipos de solo

Na área de estudo foram encontrados Argissolos (Argissolo Amarelo Distrófico Típico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Petroplíntico e Típico) e Latossolo Amarelo Distrófico Típico

Figura 3 - Mapa dos tipos de solos.



(figura 3).

Os Argissolos são solos minerais bem drenados, de profundidade mediana a profundos. Suas principais limitações são o alto risco de erosão e a baixa fertilidade natural, que restringem o seu uso agrícola. São bastante suscetíveis à erosão, principalmente quando existe grande diferença textural entre os horizontes A e B, presença de cascalho e relevo movimentado. O grau de erodibilidade desses solos tem como fator determinante a presença de horizonte B textural, que influencia a erosão superficial. Características como classe e gradiente textural, tipo de estrutura e permeabilidade, quando associadas à presença de B textural, favorecem os processos erosivos (OLIVEIRA NETO et al., 2015).

Os pesos atribuídos as classes dos tipos de solo, levou em consideração a textura. O Argissolo Amarelo Distrófico Típico possui uma textura arenosa/média e compõe a maior área em extensão na microbacia (tabela 5), é mais suscetível a erosão (fragilidade muito forte). O Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Petroplíntico e Típico possui uma textura argilosa/muito argilosa e ocupa a menor área. Existe um menor risco de erosão nesses solos de textura argilosa ou muito argilosa (fragilidade fraca).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2014), a textura é um dos fatores que influencia na maior ou menor quantidade de solo arrastado pela erosão. Em um solo arenoso que apresenta espaços porosos grandes, durante uma chuva de pouca intensidade ele absorve toda a água sem causar nenhum dano, porém por possuir baixa proporção de partículas argilosas que atuam como uma ligação entre as partículas grandes, pequena quantidade de enxurrada que escorre na sua superfície pode lixiviar grande quantidade de solo. Já em um solo argiloso onde os espaços porosos são bem menores, ele é menos permeável a água e esta escorre mais na superfície, como a força de coesão das partículas é maior, faz com que aumente a resistência a erosão.

Tabela 5 - Quantificação das classes de fragilidade potencial nos tipos de solo

Fragilidade	Tipo de Solo	Área Km ²	Área %	Voçoroca Nº
Fraca	AVADPT	36,97	22,06	9
Forte	LADT	40,96	24,44	15
Muito Forte	AADT	89,67	53,50	11

AVADPT - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Petroplíntico e Típico; LADT - Latossolo Amarelo Distrófico Típico; AADT - Argissolo Amarelo Distrófico Típico.

Fonte: Organização dos autores.

Os Latossolos são solos minerais, não hidromórficos, profundos ou muito profundos, bem drenados. Não possuem atração magnética e apresentam boas características físicas para o uso agrícola, como boa drenagem interna, boa aeração e ausência de impedimentos físicos à mecanização e penetração de raízes. São solos bastante intemperizados, o que se reflete na baixa capacidade de troca de cátions e saturação por bases. São solos que necessitam de manejo adequado de adubação e controle de erosão. Em condições naturais ou quando manejados de forma adequada, apresentam boa resistência aos processos erosivos (OLIVEIRA NETO et al., 2015).

O Latossolo Amarelo Distrófico Típico possui uma textura média e ocupa uma área de 40,96 Km² (24,44%). Apresentou uma fragilidade forte. 74,29% das voçorocas estão localizadas nos solos com fragilidade forte e muito forte. Desse percentual, 42,86% predominam no Latossolo. Resultado parecido foi encontrado por Souza et al (2017), onde a predominância de voçorocas (79,3%) foi encontrada em solos do tipo Latossolo. Segundo ele isso se deve pelo fato destes solos serem mais profundos, apresentarem estágio mais avançado de maturação e, portanto, facilitarem o desenvolvimento de formações mais avançadas de erosão (como é o caso das voçorocas).

A erosão acelerada se manifesta sob condições ambientais alteradas pela ação do homem, sendo conseqüentemente muito mais intensa que a erosão normal ou geológica, a qual ocorre nos ambientes naturais, não alterados pelo homem. A erosão pode causar além do empobrecimento do solo, a alteração visível da conformação da superfície do terreno, ambos gerados pelo escavamento das áreas localizadas a montante e pelo soterramento das posições mais baixas do terreno (jusante), representadas principalmente pelas planícies de inundação ou várzeas (POLITANO e PISSARRA, 2005).

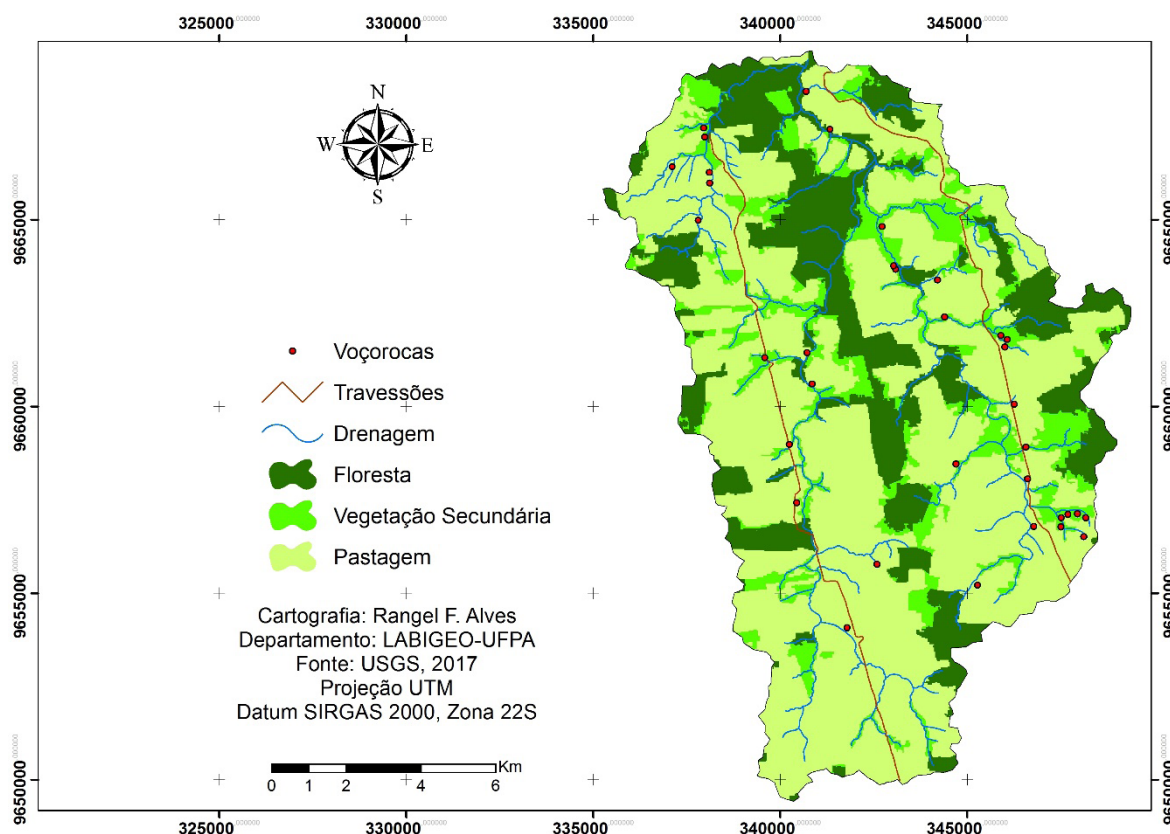
Grupos de solos com características muito diferentes, se contrastam também no seu uso, pois os problemas do seu manejo não serão os mesmos. Conhecer as peculiaridades de cada tipo de solo é o que permitirá o seu melhor aproveitamento (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2014). Para Carmo et al. (2015), o solo é o fator superficial mais relevante para a avaliação de risco quanto à erosão pluvial e fluvial.

Uso e cobertura do solo

O uso e cobertura do solo na microbacia foram classificados em Floresta, Pastagem e Vegetação Secundária (figura 4).

Tratando-se das erosões correlacionadas à atividade

Figura 5 - Mapa de uso e cobertura do solo



de agropecuária, as suas origens são a maioria das vezes fruto de um uso do solo sem normas técnicas referentes ao meio físico, como por exemplo, o plantio de certas culturas sem uma prática conservacionista, a abertura de estradas rurais com traçado e manutenções inadequadas e etc (FARIA et al., 2013).

A pastagem representou uma área de 64,38% da microbacia (tabela 6). Foi considerada como a área mais instável. Apresentou uma fragilidade muito forte, mais suscetível a sofrer erosão. Nela foram encontradas 77,14% das voçorocas.

Tabela 6 - Quantificação das classes de fragilidade potencial no uso e cobertura do solo

Fragilidade	Uso e Cobertura	Área Km ²	Área %	Voçoroca No
Muito Fraca	Floresta	36,32	21,67	-
Fraca	Vegetação Sec.	23,38	13,95	8
Muito Forte	Pastagem	107,91	64,38	27

Fonte: Organização do autor.

Resultados parecidos sobre pastagem foram encontrados por Dassoller et al (2014), nos seus estudos a pecuária foi a classe mais representativa, ocupou uma área total de 66,23% da bacia, o que se justifica segundo ele pelo modelo extensivo utilizado na região, que necessita de grandes quantidades de terra para o seu desenvolvimento.

De acordo com Ferreira et al (2017), o uso e ocupação das terras na maioria das bacias hidrográficas brasileiras ocorrem sem um planejamento adequado. Vários pesquisadores têm identificado e ressaltado os impactos ambientais como erosão, assoreamento de córregos e rios e o comprometimento da qualidade da água como resultado do desequilíbrio ocasionado por conta do planejamento inadequado. O uso e o manejo inadequado dos solos são considerados como as principais causas antrópicas da desertificação (CHAVES et al., 2012).

Por se tratar de pastagem (pecuária extensiva), os animais são ótimos agentes que contribuem na compactação do solo. A erosão do solo se torna mais eficiente nas áreas onde a água precipitada não pode ser infiltrada (MAFRA, 2012).

Sem a proteção da cobertura vegetal, o solo fica vulnerável a ação da chuva (erosão hídrica), e se tratando do contexto pluviométrico da região, onde chove du-

rante todo o ano, os problemas se agravam ainda mais. Segundo Salomão (2012), através do impacto das gotas sobre a superfície do solo, precipitando com velocidade e energia variáveis e através do escoamento da enxurrada, a água da chuva provoca a erosão laminar. O poder erosivo da chuva necessita de uma distribuição pluviométrica mais ou menos regular no tempo e no espaço, e na sua intensidade.

A vegetação secundária representou 13,95% do total da microbacia e nela foram encontradas 8 voçorocas, representando 22,86% do total das feições erosivas. Possivelmente estes 13,95% foram utilizados anteriormente para pastagem ou agricultura e posteriormente foram abandonados, propiciando assim a regeneração da vegetação na área e passando a se caracterizar como vegetação secundária. Nas regiões onde foram encontradas as voçorocas, são áreas de pastagens que foram isoladas e abandonadas principalmente para proteção dos animais e como uma medida de intervenção dos proprietários para evitar o aumento destas feições erosivas. A vegetação está em processo de regeneração (figura 5).

A floresta que representa 21,67% da microbacia, foi considerada como a área mais estável e como esperado, não foram encontradas voçorocas, ela apresentou uma fragilidade muito fraca. Segundo Silva et al. (2005), o efeito da cobertura do solo sobre as perdas de água e solo, pode ser explicado pela sua ação em dissipar a energia cinética do impacto direto das gotas da chuva sobre a superfície, diminuindo a desagregação inicial das partículas de solo e, conseqüentemente, a concentração de sedimentos na enxurrada. Além disso, a cobertura do solo representa um obstáculo mecânico ao livre escoamento superficial da água, ocasionando diminuição da velocidade e da capacidade de desagregação e transporte de sedimentos.

A ausência da interceptação natural (vegetação) contra o escoamento torrencial provocado pela erosão pluvial, faz com que a água se torne um recurso incapaz

Figura 5 - Área de pastagem abandonada e em processo de regeneração da vegetação



Fonte: Dos autores.

de alimentar as plantas, os animais e os homens, para se tornar destrutiva, causando danos pelas inundações, a devastação de terras, colheitas, obras públicas, prédios e até de vidas humanas (TRICART, 1977).

Uso e cobertura na área de preservação permanente

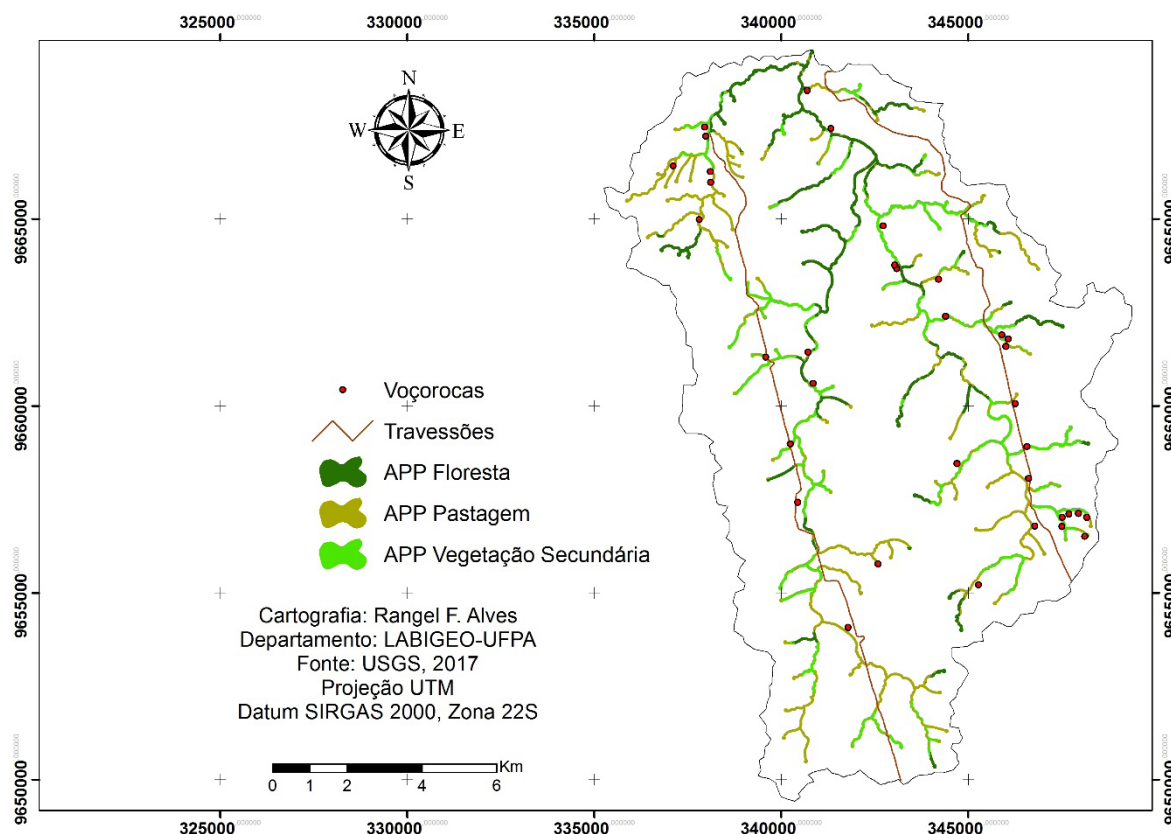
O uso e cobertura do solo na área de preservação permanente da microbacia, foram classificados em Floresta, Pastagem e Vegetação Secundária (figura 6).

Constatou-se que 40,04% das APPs e 59,23% das nascentes (tabela 7) da subbacia estão sendo utilizadas para fins econômicos, ou melhor, está ocupada

Tabela 7- Quantificação do uso e cobertura do solo da área de preservação permanente

APP - Uso do Solo	Área Km ²	Área %	Nascente %	Voçoroca N°	Voçoroca %
Floresta	2,54	25,17	20,30	-	-
Pastagem	4,04	40,04	59,23	2	66,67
Vegetação Secundária	3,51	34,79	20,47	1	33,33

Figura 6 - Mapa de uso e cobertura do solo da área de preservação permanente



Fonte: Organização dos autores.

por pastagem, contrariando a legislação ambiental e agravando ainda mais os problemas ambientais no local. Foram identificadas 3 voçorocas na APP, duas delas estão dentro da área de pastagem e a outra está na área de vegetação secundária. Moreira et al (2013) encontrou um resultado bem parecido em sua área de estudo onde o uso predominante de pastagem foi de 42,85%.

Por serem áreas importantes na contribuição direta para reciclagem da água, na conservação da quantidade e da qualidade da mesma e da biodiversidade do ecossistema como um todo, a manutenção das áreas de preservação permanente e de reserva legal é um tema que necessita de estudos destinados a diagnosticar, gerar dados e propor medidas de utilização e planejamento eficiente dessas áreas, através de medidas de conservação dos fragmentos florestais já existentes e dos solos (VARGAS et al., 2009). Este autor identificou nos seus estudos a predominância de pastagem (58,52%) nos usos dentro da APP. Essa predominância foi encontrada por Coutinho (2015) também, correspondia por 50,97% da área de APP. Segundo ele, as práticas voltadas ao desenvolvimento sustentável pensando nas gerações do presente e do futuro, devem priorizar as APPs.

O uso inadequado de uma bacia hidrográfica é um fator comprometedor da oferta e uso sustentável de água e solo. Diante disso, as áreas não florestadas na APP precisam ser recuperadas urgentemente.

Apenas 25,17% estão sendo realmente preservadas com a manutenção da cobertura florestal nativa e 34,79% é composta por vegetação secundária (Essas áreas podem ter sido antes utilizadas para algum tipo de uso como agricultura ou pastagem e depois abandonadas).

As plantas são muito importantes para a conservação dos solos, “somente elas possuem um efeito estabilizador pela função de anteparo aos fluxos de radiação e às gotas da chuva, e pelo efeito frenador sobre o vento” (TRICART, 1977, p. 37).

As áreas de preservação permanente asseguram a estabilização das margens, sendo então de suma importância no controle da erosão do solo e da qualidade da água, protegendo o ambiente aquático do carreamento direto de sedimentos, nutrientes e produtos químicos oriundos das áreas mais elevadas do terreno (MOREIRA et al., 2015).

Diante disso, torna-se de extrema importância a revisão dos métodos tradicionais de uso da ter-

ra para alternativas mais sustentáveis, que conciliem os modos de produção com a legislação vigente, a preservação das espécies vegetais nativas e dos recursos hídricos.

Declividade do terreno

A topografia do terreno, representada pela declividade e pelo comprimento de rampa (da encosta), desempenha uma grande influência sobre a erosão. A quantidade e o tamanho do material em suspensão transportado pela água, dependem da velocidade com que ela escorre, e essa velocidade está diretamente relacionada com o grau de declive e o comprimento de rampa do terreno (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2014). “Esses fatores interferem diretamente na velocidade das enxurradas” (SALOMÃO, 2012, p. 233).

A partir da elaboração do mapa de declividade (figura 7), verificou-se que o valor máximo de declividade foi de 45%. Da área da microbacia, 48,42% é representada pela classe de declividade de até 6% com

categoria hierárquica de Muito Fraca. 81,16 Km² da microbacia é consideravelmente plana a suave ondulada.

Segundo Silva Neto (2013), em um terreno mais declivoso predomina o escoamento superficial e processos morfogênicos, que propiciam o desenvolvimento dos processos erosivos, enquanto que em um terreno menos declivoso, predomina a infiltração no solo, intemperismo e a pedogênese, propiciando o desenvolvimento do solo.

As classes de declividade com fragilidade forte a muito forte representou apenas 4,09% da área total. Provavelmente este seja um dos motivos de não ter sido encontrado voçorocas nessas classes.

No entanto, foram encontradas voçorocas nas classes de declividade de até 20%. Apesar dessas áreas serem potencialmente menos frágeis, com a inserção da ação antrópica potencializa-se o grau de fragilidade, tornando estas mais suscetíveis a erosão (tabela 8). Além disso, por estas áreas serem mais planas, elas são mais demandadas para uso e ocupação, contribuindo assim na potencialização do seu nível de fragilidade.

Figura 7 - Mapa de declividade

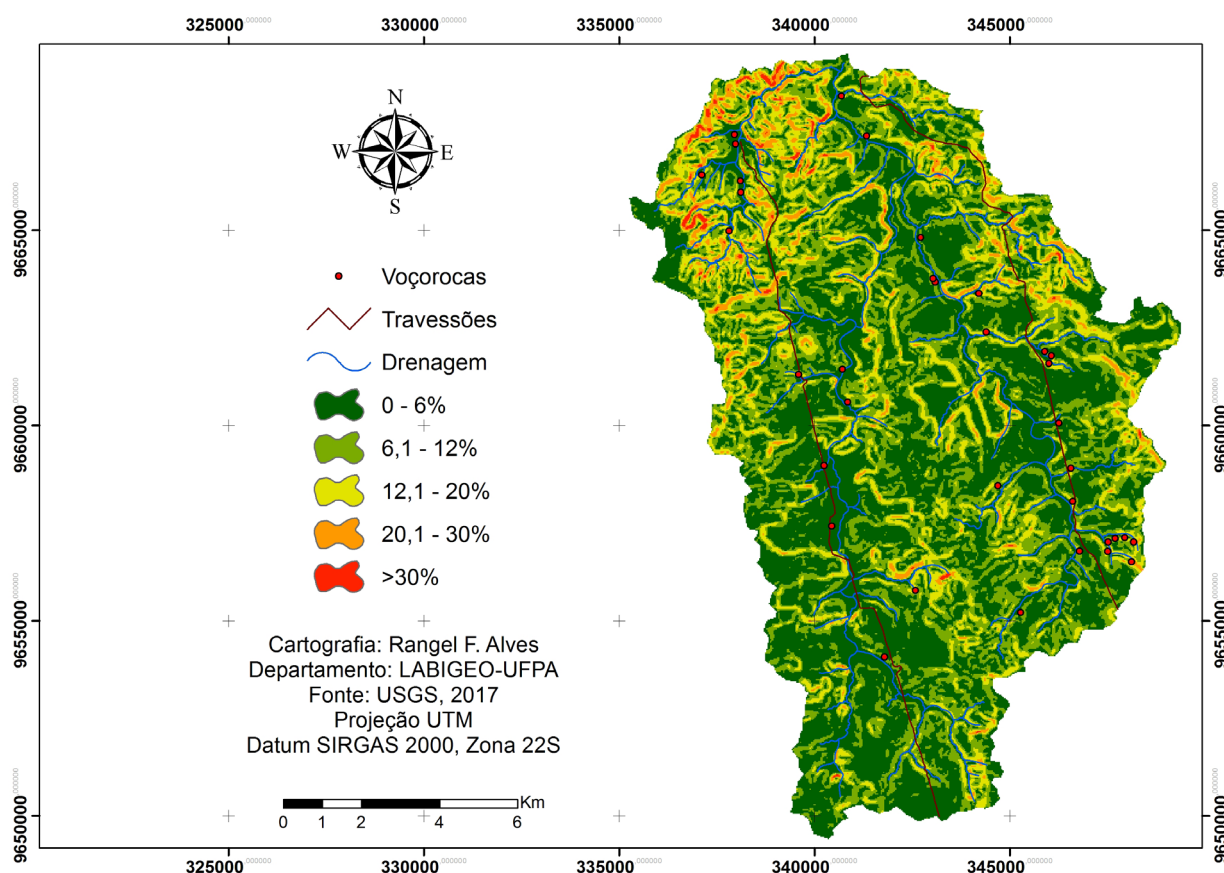


Tabela 8 - Quantificação das classes de fragilidade potencial na declividade

Fragilidade	Declividade %	Área Km ²	Área %	Voçoroca N°
Muito fraca	0 – 6	81,16	48,42	15
Fraca	6,1 – 12	53,65	32,01	10
Média	12,1 – 20	25,95	15,48	10
Forte	20,1 – 30	6,18	3,69	-
Muito forte	> 30,1	0,67	0,4	-

Fonte: Organização dos autores.

Um resultado parecido foi encontrado por Souza et al (2014; 2017), onde a maioria dos processos erosivos do tipo voçoroca estavam presentes nos níveis mais baixos a intermediários de declives.

O entendimento correto dos processos relacionados com a dinâmica de funcionamento hídrico sobre um determinado terreno, permite definir quais medidas serão efetivas para o controle preventivo e corretivo de uma erosão (SALOMÃO, 2012).

Hipsometria do terreno

“O estudo da altitude torna-se relevante na análise

de diferentes elementos climáticos e de diferentes áreas de acumulação e erosão. Equivalente importância tem a amplitude na determinação das formas do relevo” (RECK-ZIEGEL e ROBAINA, 2006). A hipsometria representa as faixas de altitude do relevo que podem influenciar até mesmo as condições do clima, mas sobretudo a avaliação da energia do relevo, mostrando condições mais favoráveis a dissecação para as áreas mais elevadas e de acumulação para as áreas menos elevadas (TRENTIN e ROBAINA, 2005), no entanto, os pesos para as classes hipsométricas, foram atribuídos com base na relação entre a altitude, canais de drenagem e voçorocas.

Figura 8 - Mapa hipsométrico

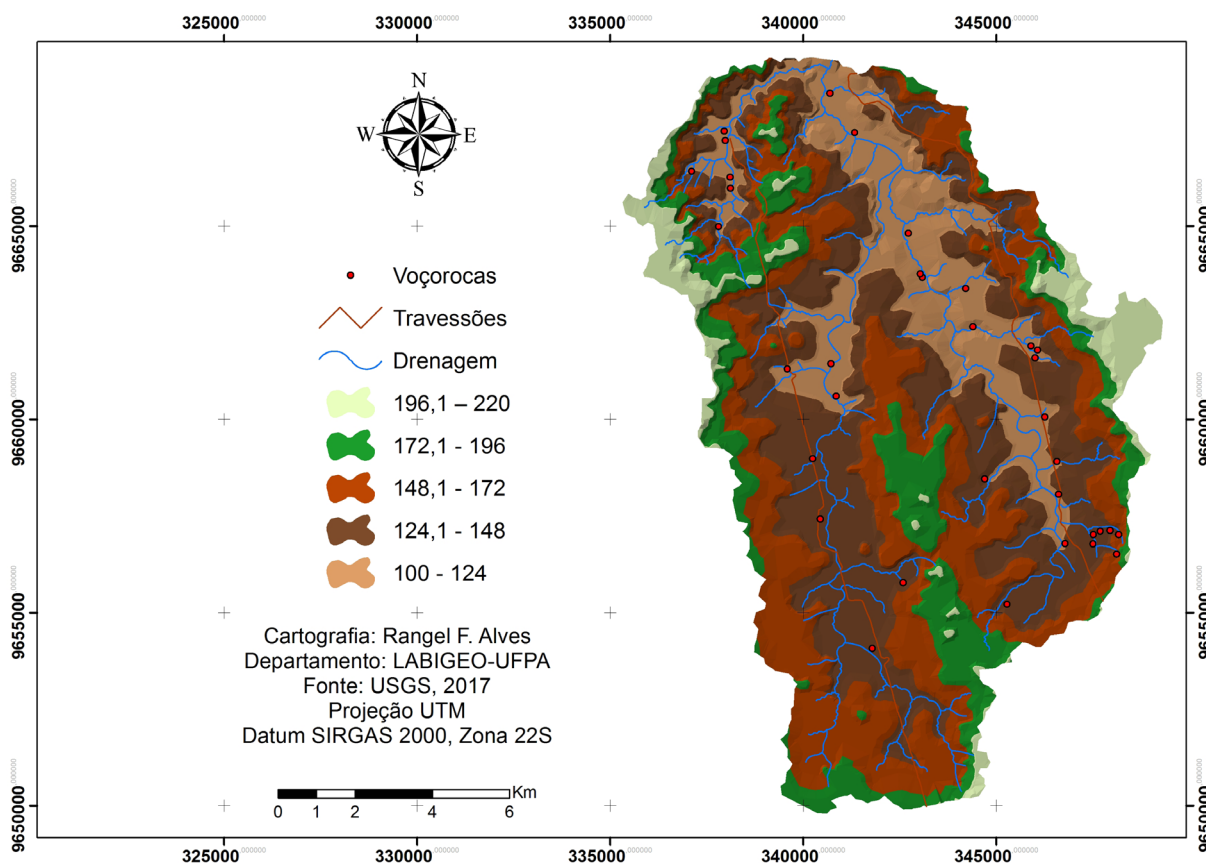


Tabela 9 - Quantificação das classes de fragilidade potencial na hipsometria

Fragilidade	Hipsometria	Área Km ²	Área %	Voçoroca N°	Drenagem Km
Muito Fraca	196,1 – 220	09,94	5,93	-	1,70
Fraca	172,1 – 196	23,21	13,85	-	4,52
Média	148,1 – 172	48,69	29,05	02	20,82
Forte	124,1 – 148	54,47	32,50	11	63,65
Muito Forte	100 – 124	31,29	18,67	22	72,86

Fonte: Organização dos autores.

A maior altitude apresentada no terreno é de 220 metros, na porção noroeste, nordeste e sudeste da área (margeando a microbacia), e a menor altitude é de 100 metros na porção norte da área. Dessa forma, a amplitude altimétrica da área é de 120 metros (Figura 8).

As áreas com altitudes de 124,1 - 148 metros são as mais representativas, constituem 54,47 Km² da microbacia (32,5%). 65,71% das voçorocas estão nas altitudes de 100 – 124 metros, na terceira área mais representativa (31,29 Km²). Esta tem uma fragilidade muito forte (Tabela 9).

As voçorocas foram encontradas principalmente em duas classes hipsométricas que vão de 100 a 148 metros de altitude. Nessas classes estão a maior parte dos cursos fluviais (83,33%), algumas foram encontradas a uma distância máxima de 164 metros dos canais de drenagem, no entanto foram encontradas apenas 3 dentro da APP.

Os resultados mostram que há uma relação entre a altitude, canais de drenagem e voçorocas. Essas feições erosivas margeiam, estão conectadas com a drenagem e os canais de drenagem estão principalmente nas menores elevações. Na altitude de 100 – 124 metros foi onde apresentou a maior extensão de drenagem e consequentemente, mais voçorocas, devido a isso, essa classe hipsométrica foi considerada como a mais instável.

Fragilidade ambiental

A partir do levantamento das variáveis anteriores (tipo de solo, uso e cobertura do solo, declividade e

hipsometria) e da sobreposição destas, foi obtida a fragilidade emergente conforme pode ser visto na Figura 9.

Verificou-se que a classe mais representativa é a média com 47,16% e a forte com 42,34% da área total, conforme pode ser visualizado na tabela 10. A quantidade mais representativa de voçorocas está nessas duas classes (Tabela 10).

Ao observar o mapa de fragilidade emergente, percebe-se que as áreas menos instáveis, ou seja, menos suscetíveis a erosão, estão justamente na região de floresta ou vegetação secundária.

Segundo Tricart (1977), os meios morfodinamicamente estáveis encontram-se em regiões que apresentam uma série de condições, e uma delas é a vegetação que funciona como um freio ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese.

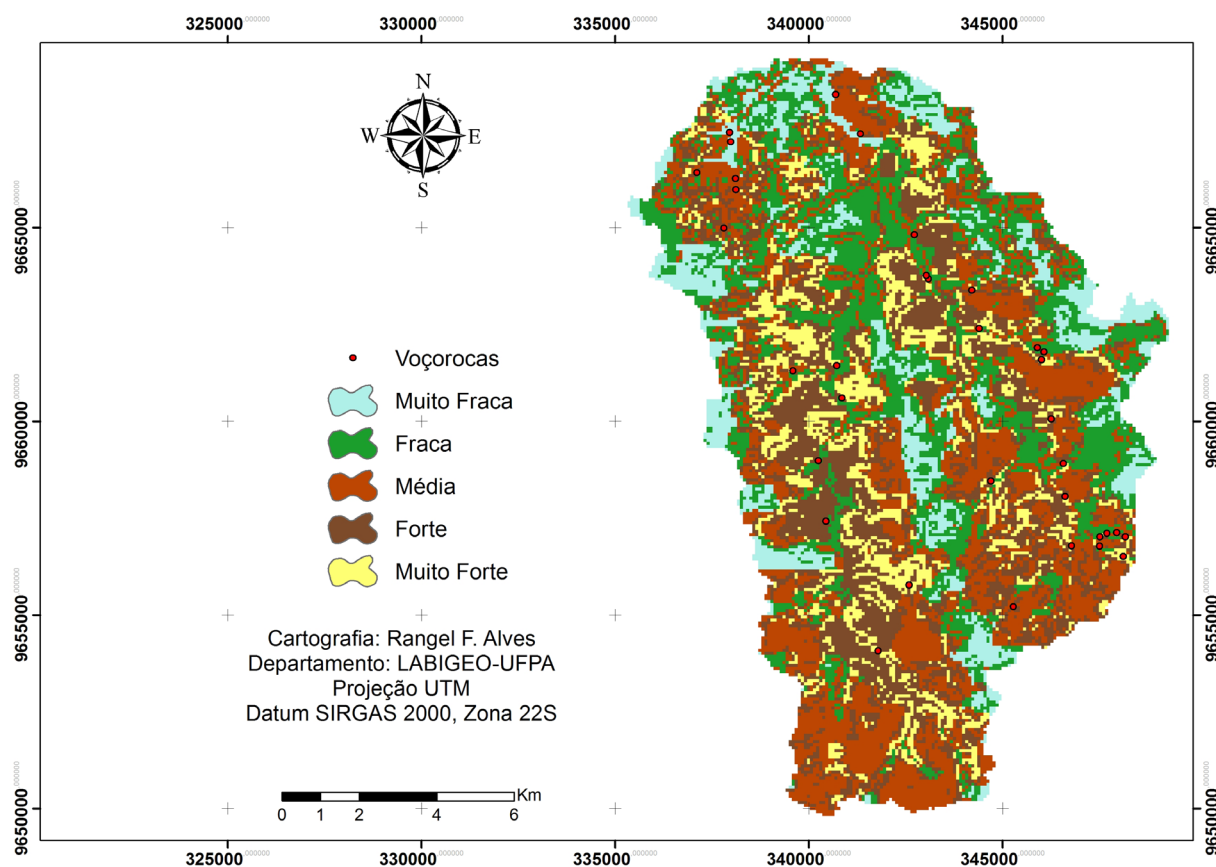
A cobertura vegetal é um dos fatores de grande importância para os processos erosivos, pois tanto a sua falta quanto a sua diversidade podem estimular um maior ou menor risco à erosão. A vegetação exerce a função de protetora dos solos à ação de fatores climáticos, como as precipitações pluviométricas. Quanto mais densa for a vegetação, mínimo será o impacto direto das gotas de chuva contra o solo. Além de produzirem a sustentabilidade do solo, suas raízes podem promover a rápida infiltração das águas escoadas (CARMO et al., 2015).

Tabela 10 - Quantificação das classes de fragilidade emergente

Fragilidade	Área Km ²	Área %	Voçoroca N°	Voçoroca %
Muito Fraca	18,89	11,27	1	2,86
Fraca	38,40	22,91	4	11,43
Média	47,16	28,14	12	34,28
Forte	42,34	25,26	11	31,43
Muito Forte	20,82	12,42	7	20

Fonte: Organização dos autores.

Figura 9 - Mapa de fragilidade emergente



As classes de média a muito forte, representam 65,82% do total da área da microbacia e nelas estão 85,71% das voçorocas. Para Albuquerque (2004), as voçorocas são um dos exemplos mais flagrados de degradação do solo (figura 10a, b). Essa ação erosiva define graus de impacto no ambiente, que demandam elevados custos e investimentos para seu controle.

Segundo Baccaro (2012), os processos erosivos trazem novas características à paisagem, condicionando a redução da produtividade das pastagens e áreas agrícolas, além de definir as vertentes e anfiteatros de cabeceiras de drenagem em ravinas e voçorocas (figura 10a, b). “Estas são incisões que resultam da tendência de sistemas naturais a atingir um estágio de equilíbrio entre a energia disponível e eficiência do sistema em dissipar energia” (OLIVEIRA, 2012, p. 58).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2014), são vários os fatores que influenciam na erosão. Ela pode ser provocada por forças ativas, como as características da chuva (intensidade, duração e frequência, impacto das gotas), a declividade, comprimento do declive do terreno (influenciam na velocidade da enxurrada) e a capacidade que o solo possui de absorver a água. Por

último, podemos incluir as forças passivas, como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal.

As consequências desses fatores são o transporte de grandes quantidades de solo, matéria orgânica e insumos agrícolas para os cursos d’água no período chuvoso, contribuindo significativamente para o aumento da concentração de sólidos e nutrientes na água dos mananciais. Esses aspectos, geram o assoreamento que, além de modificar ou deteriorar a qualidade da água, da fauna e da flora, provoca o decréscimo da velocidade da água resultando também na redução da disponibilidade hídrica (VANZELA; HERNANDEZ e FRANCO, 2010).

O mapa de fragilidade ambiental é um importante instrumento para o planejamento ambiental de áreas agrícolas, tendo como principal objetivo a priori identificar áreas onde a ocupação agrícola pode gerar impactos ao meio natural e a posteriori na minimização dos impactos da ação antrópica sobre o meio natural, evitando processos erosivos intensos e assoreamento de cursos d’água (FRANCO; HERNANDEZ e LIMA, 2013). “O estudo dos diferentes graus de fragilidades e

Figura 10 - Voçorocas



Fonte: Dos autores.

Figura 11 - Curso d'água assoreado. A esquerda uma ponte que antes do assoreamento era utilizada.



Fonte: Dos autores.

sua distribuição espacial no município é necessário para se determinar áreas prioritárias à preservação, recuperação e de uso sustentável” (PIRES et al., 2015, p. 54). A fragilidade ambiental manifesta uma instabilidade provocada no geossistema, causada pelo manejo inadequado dos recursos contidos na paisagem.

O processamento informatizado de dados georreferenciados tem sido uma ferramenta muito utilizada para a gestão dos recursos hídricos e no reconhecimento das características sociais e físicas de uma bacia hidrográfica (FERREIRA et al., 2017). Para Padilha (2008), o geoprocessamento se sobressai como um instrumento coligado no desafio de lidar com grandes números de variáveis em constante modificação, do qual se caracteriza o planejamento territorial, possibilitando sobretudo uma avaliação mais abrangente de todo o contexto e não apenas a simples descrição dos aspectos mais importantes, mas também a simulação e a organização das intervenções possíveis para escolha das alternativas mais eficazes (CHAVES, 2005).

O mapeamento das vulnerabilidades reuni os ambientes em relação aos diferentes níveis de vulnerabilidade. Estas informações possibilitam ao elaborador desenvolver ações de intervenção técnica, coerentes a cada condição. As unidades de fragilidade dos ambientes naturais precisam ser frutos dos levantamentos básicos de geomorfologia, solos, cobertura vegetal/uso da terra e clima. Esses elementos trabalhados de forma conjunta permitem obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade (LOSSARDO e DAINEZI, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapa de fragilidade mostrou que as áreas de fragilidade muito fraca estão principalmente nas regiões de florestas. Isso mostra que a presença da cobertura vegetal é muito importante para que uma área esteja menos vulnerável a sofrer erosão.

As voçorocas estão mais representativas respectivamente na fragilidade média, forte e muito forte. Essas feições erosivas, são a forma de expressão mais intensa do desequilíbrio na dinâmica de um ecossistema. Elas estão localizadas as margens dos canais fluviais e por conta disso, muito dos cursos d'água estão assoreados.

As áreas de preservação permanente estão desprotegidas de cobertura vegetal, atualmente são pastagens degradadas potencializando os assoreamentos por meio das erosões hídricas, devendo as mesmas serem recuperadas.

Constatou-se que a microbacia do Jarauçú en-

frenta problemas ambientais e estes afetam diretamente sua disponibilidade hídrica, necessitando de uma melhor gestão territorial em Brasil Novo.

Ressalta-se a relevância de pesquisas mais específicas voltadas às voçorocas, para uma melhor compreensão desse grave problema ambiental e assim criar ferramentas que possam auxiliar em suas intervenções.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. R. Diagnóstico De Risco Erosivo Na Bacia Do Rio Do Leão Amazônia Central. In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia; I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia. **Anais...** UFSM - RS, 2004.
- BACCARO, C. A. D. Processos erosivos no domínio do serrado. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. & BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 8 Ed^a. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 195-223.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 9.ed. São Paulo: Ícone, 2014.
- BRASIL. Código Florestal Brasileiro. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, Diário Oficial da União, 2012. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em 14 de janeiro de 2018.
- CARMO, A. M. do; SOUTO, M. V. S.; DUARTE, C. R.; MESQUITA, Á. F. Análise de Risco Ambiental à Erosão Gerada a partir de produtos de sensores remotos: MDE Topodata e Landsat 8. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** João Pessoa-PB, Brasil, 2015. p. 5927-5934.
- CARVALHO, E. M.; PINTO, S. A. F.; SEPE, P. M.; ROSETTI, L. A. F. G. Utilização Do Geoprocessamento Para Avaliação De Riscos De Erosão Do Solo Em Uma Bacia Hidrográfica: Estudo De Caso Da Bacia Do Rio Passa Cinco/Sp. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. **Anais...** Recife - PE, 2010. p. 001-008.
- CHAVES, F. T. **O Uso Do Geoprocessamento Para O Planejamento De Corredores De Biodiversidade Na Bacia Hidrográfica Do Rio Caraíva Em Um Modelo De Gestão Compartilhada**. 2005. p. 42. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas. Belo Horizonte.
- CHAVES, T. de A. A.; ANDRADE, G. de; LIMA, J. A. de S.; PORTOCARRERO, H. Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural. Programa de Desenvolvimento Rural Sustentável em Microbacias Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Secretaria de Agricultura e Pecuária. 19 p.; Manual Técnico, 34. Niterói: Programa Rio Rural, 2012.
- CLIMATE-DATA. Gráfico Climático Brasil Novo, 2017. Disponível em <<https://pt.climate-data.org/location/43953/>>. Acesso em 14 de outubro de 2017.
- COUTINHO, L. M. Mapeamento De Uso Do Solo E Áreas De Preservação Permanente (APP) Na Bacia Do Córrego Itabira, Cachoeiro De Itapemirim-ES. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** João Pessoa-PB, Brasil, 2015. p. 35-42.
- COUTINHO, L. M.; ZANETTI, S. S.; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. de O.; XAVIER, A. C. Usos da Terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. **Floresta e Ambiente**. p. 425-434. 2013.
- DASSOLLER, T. F.; NEVES, S. M. A. da S.; NEVES, R. J.; PAIVA, S. L. P. de. Identificação De Conflito De Uso Da Terra Em Áreas De Preservação Permanente Na Bacia Hidrográfica Córrego Padre Inácio, Mato Grosso. In: 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande-MS. **Anais...** Campo Grande - MS, 2014. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 426-435.
- DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. de P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.10, n.1, p.175-181, Campina Grande, 2006.
- FARIA, T. O.; VECCHIATO, A. B.; SALOMÃO, F. X. T.; SANTOS Jr, W. A. Abordagem morfopedológica para diagnóstico e controle de processos erosivos. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 215-232, 2013.
- FERREIRA, J. H.; MACHADO, K. S.; ALVES, W. S.; SOUZA, Y. C. A. de. Características Da Hipsometria E Do Uso Da Terra Na Alta Bacia Do Ribeirão Santo Antônio No Município De Iporá-Go. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Instituto de Geociências. **Anais...** Unicamp Campinas – SP, 2017. p. 995-999.
- FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; LIMA, R. C. Análise da fragilidade ambiental na microbacia do córrego do Coqueiro, no noroeste paulista. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013, INPE. p. 5040-5046.
- GIMENES, F. B. Q.; AUGUSTO FILHO, O. Mapas de fragilidade ambiental utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) e sistema de informação geográfica (SIG). In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2013. p. 6564-6571.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estimativa da População em Brasil Novo-Pará. 2017. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150172>>. Acesso em 02 de janeiro de 2018.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Dados Econômicos de Brasil Novo. Censo 2006. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?cod>>

mun=150172>. Acesso em 14 de abril de 2017.

IKEMATSU, P.; SILVA, A. M.; PAULA, F. P.; NOGUEIRA, D. P.; SILVEIRA, F. M. Caracterização Do Ambiente Físico De Duas Voçorocas Ocorrentes No Município De Sorocaba (Sp). In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia; Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas. **Anais...** Goiânia, 2006.

LOSSARDO, L. F.; DAINEZI, P. M. Análise da fragilidade ambiental como subsídio ao planejamento do uso e ocupação do solo no município de Araras-SP. **UNAR** (ISSN 1982-4920), Araras (SP), v. 5, n. 1, p. 38-50, 2011.

MAFRA, N. M. C. Erosão e Planificação de Uso do Solo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. e BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 8 Ed^a. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 57-94.

MOREIRA, T. R.; SANTOS, A. R. dos; DALFI, R. L.; MAGALHÃES, I. A. L.; SANTOS, G. M. A. D. A. dos. Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no município de Muqui, ES. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Foz do Iguaçu-PR, 2013.

MOREIRA, T. R.; SANTOS, A. R. dos; DALFI, R. L.; CAMPOS, R. F. de; SANTOS, G. M. A. D. A. dos; EUGENIO, F. C. Confronto do Uso e Ocupação da Terra em APPs no Município de Muqui, ES. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.22, n.2, p. 141-152, 2015.

OLIVEIRA NETO, M. B. de; NASCIMENTO, A. F. do; MARQUES, F. A.; AMARAL, A. J. do; HERNANI, L. C.; CUNHA, T. J. F. Contribuição Ao Estudo De Solos Frágeis Na Região Semiárida – Petrolina, PE. In: CASTRO, S. S. de; HERNANI, L. C. Solos Frágeis: Caracterização, Manejo E Sustentabilidade. 1 ed. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Solos. 2015. p. 111-134.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 8 Ed^a. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 57-94.

PIRES, L. do C.; SILVA, L. F. da; MENDONÇA, B. G.; BACANI, V. M. Análise da fragilidade ambiental do município de Aquidauana-MS. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, MG, v.25, n.43, p. 52-65, 2015.

POLITANO, W.; PISSARRA, T. C. T. Avaliação Por Fotointerpretação Das Áreas De Abrangência Dos Diferentes Estados Da Erosão Acelerada Do Solo Em Canaviais E Pomares De Citros. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.242-252. 2005.

RECKZIEGEL, E. W.; ROBAINA, L. E. de S. **Estudo De Parâmetros Morfométricos Do Relevo E Da Rede De Drenagem Da Área Situada Entre Os Rios Jaguari**

E Ibicuí No Município De São Vicente Do Sul – RS. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas. Goiânia. **Anais...** Goiânia-GO: Geomorphology, 2006. p. 1-11.

ROSS, J.L.S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 8, 1994. p. 63-74.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. & BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 8 Ed^a. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 229-265.

SIAGEO Amazônia - Sistema Interativo de Análise Geoespacial da Amazônia Legal. 2016. Disponível em <http://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/i3geo/uzee_aml/interface_gm.htm>. Acesso em 10 de novembro de 2017.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S.; PAIVA, K. W. N. Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.409-419, maio/ago. 2005.

SILVA NETO, J. C. A. da. Avaliação Da Vulnerabilidade À Perda De Solos Na Bacia Do Rio Salobra, MS, Com Base Nas Formas Do Terreno. **Geografia** (Londrina), v. 22, n. 1, p.05-25 jan/abr. 2013.

SOUZA, N. da C.; PITOMBO, C.; CUNHA, A. L.; LARROCCA, A. P. C.; ALMEIDA FILHO, G. S. de. Modelo De Classificação De Processos Erosivos Lineares Ao Longo De Ferrovias Através De Algoritmo De Árvore De Decisão E Geotecnologias. **Bol. Ciênc. Geod.**, sec. Artigos, Curitiba, v. 23, no1, p.72 - 86, jan - mar, 2017.

SOUZA, N. da C.; GIANOTTI, M. A.; LARROCCA, A. P. C.; QUINTANILHA, J. A.; ALMEIDA FILHO, G. S. de. 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). **Bol. Ciênc. Geod.**, sec. Artigos, Curitiba, v. 20, n. 4, p.947-969, out-dez, 2014.

SPORL, C.; ROSS, J. L. S. Análise Comparativa Da Fragilidade Ambiental Com Aplicação De Três Modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, N° 15, pp.39-49, 2004.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S. Metodologia Para Mapeamento Geoambiental No Oeste Do Rio Grande Do Sul. In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. **Anais...** 05 a 09 de setembro de 2005 – USP. p. 3606-3615.

TRICART, J. **Ecodinamica**. FIBGE/SUPREN, Rio de Janeiro, 1977.

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos. **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM); imagem LandSat**

8. 2017a. Disponível em <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 10 de novembro de 2017.

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos. **Imagem LandSat 8**. 2017b. Disponível em <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 22 de novembro de 2017.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência Do Uso E Ocupação Do Solo Nos Recursos Hídricos Do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**; Campina Grande - PB, UAEEA/UFCEG; v.14, n.1, p.55–64, 2010.

VARGAS, T. D.; LANI, J. L.; FIGUEREDO, N. A. de; MOREIRA, E. P.; FERREIRA, J. A. Uso Do Solo Nas Áreas De App No Projeto De Assentamento Che Guevara, Município De Mimoso Do Sul, Espírito Santo. In: XIII SBGFA Simpósio Brasileiro De Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa. XIII SBGFA Simpósio Brasileiro De Geografia Física Aplicada: A Geografia Física Aplicada E As Dinâmicas De Apropriação Na Natureza. **Anais...** Viçosa, 2009.

Correspondência dos autores:

*Rangel de Freitas Alves**

e-mail: rangelfreitas02@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7102951892651985>

*Sandra Andréa Santos da Silva***

e-mail: sandrasilvaja@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5742329435239170>

*Wellington de Pinho Alvarez****

e-mail: w.alvares@yahoo.com.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9113165346538917>

Artigo recebido em: 08/03/2018

Revisado pelos autores em: 21/08/2018

Aceito para publicação em: 12/09/2018