

**Análise Quantitativa - Espacial da perda de solos por erosão laminar e  
comparação com estágio da vegetação dos municípios de Mandaguaçu e  
Presidente Castelo Branco/PR**

**Diogo Yukio Uema**

Doutorando em Geografia; especialista em Geoprocessamento, UEM, Brasil  
contato.diogoyukio@gmail.com

**Renan Valério Eduvirgem**

Doutorando em Geografia/ UEM, Professor Colaborador na UNICENTRO, Brasil  
georenanvalerio@gmail.com

**Fernando Luiz de Paula Santil**

Professor Adjunto do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, UFU, Brasil  
santilflp@gmail.com

## **RESUMO**

O monitoramento ambiental é essencial para a sociedade manter o equilíbrio com o meio ambiente, diante deste fato, diversos métodos provenientes da ciência do geoprocessamento e sensoriamento remoto foram criados para auxiliar nessa tarefa. O presente trabalho utilizou a Equação Universal de Perda de Solos para verificar a espacialidade das erosões laminares nos municípios de Mandaguauçu e Presidente Castelo Branco, ambos no Paraná, além de comparar esses resultados com dados do Índice Digital de Vegetação (NDVI) para obter relações entre a perda de solos e o desenvolvimento ou falta de vegetação. Os resultados identificaram diversos focos de erosão laminar na área de estudo, como possível causa, pode-se considerar solos provenientes do Arenito Caiuá, altamente erodíveis, e também fatores topográficos do fator LS da EUPS. Salienta-se que o uso de ferramentas digitais, imagens de satélite e álgebra de mapas são essenciais para estudos de monitoramento ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** EUPS. NDVI. Perda de Solo.

## **1 INTRODUÇÃO**

As geotecnologias são fundamentais para avaliações espaciais, uma vez que permitem aos usuários promoverem reconhecimento de área, quantificação, qualificação de maneira remota, ou mesmo estudos em conjunto entre análises em campo e laboratório.

O Sensoriamento Remoto para Saldanha, Cardias e Werlang (2021, p. 89) é descrito na seguinte ótica: “A Geografia compreende o sensoriamento remoto como uma tecnologia que permite o desenvolvimento de estudos mais criteriosos e detalhados sobre a superfície terrestre”.

Florenzano (2005, p. 24) comenta que: “as geotecnologias referentes ao Sensoriamento Remoto e aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) estão cada vez mais interligadas. Suas aplicações nos diferentes campos do conhecimento têm aumentado. A princípio, em Geografia, essas tecnologias têm uma vasta aplicação”. Dambrós (2020), baseada em Gustavo Daniel Buzai, denota que estudos utilizando as geotecnologias seguem ascendentes; a autora afirma ainda que as geotecnologias permitem múltiplas análises e complexas do espaço geográfico.

Por outro lado, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) consiste em ser um índice de cálculo fácil e resultados robustos, com ampla empregabilidade na silvicultura (FERNANDES; VICENS; FURTADO, 2018; BRITO et al., 2021), em Unidades de Conservação (MELO et al., 2019; EDUVIRGEM; PAROLIN; VILLWOCK, 2020), em Áreas de Preservação Permanente - APP (VENTURA; MIRANDA; SILVA, 2019), na agricultura temporária (CASA et al., 2018), no desmatamento (VIEIRA; CARVALHO, 2017), e bacias hidrográficas (SOUZA et al., 2018; OLIVEIRA; AQUINO, 2020). Esse índice – o NDVI – também está entre os mais utilizados para o monitoramento da vegetação (CORDEIRO et al., 2017; LEITE et al., 2017; ABOUD NETA et al., 2018).

Os valores do NDVI podem oscilar entre -1 e +1, sendo valores negativos corpos d'água e próximos de 0 solo exposto (ALMEIDA et al., 2018); é comum encontrar na literatura que os valores próximos de 1 positivo indicam vegetação arbórea (BARROS; FARIAS; MARINHO, 2020) – que está correto e faz todo sentido em áreas com APP, fragmentos florestais, corredores lineares, Unidades de Conservação, entre outros exemplos ambientais (LEITE et al., 2017; FERNANDES; VICENS; FURTADO, 2018; SILVA JUNIOR et al., 2021).

Não obstante, deve-se ter cautela e atentar-se a esses valores, uma vez que em situações específicas, tal como culturas temporárias, pode haver valores superiores a 0,90

(CARNEIRO, 2018; HU et al., 2018), cujos valores também são encontrados em vegetação florestal (DAULAT; PRANOWO; AMRI, 2018; FERNANDES; VICENS; FURTADO, 2018) – como exemplo em remanescentes da Mata Atlântica (COSTA; GUASSELLI, 2017). Em áreas de silvicultura são encontrados valores com variação em torno de 0,67 a 0,95; em pastagens, pode-se também encontrar desde baixos (0,35) a elevados valores (0,7 a 0,8) (FERNANDES; VICENS; FURTADO, 2018).

Desse modo, inferir alvos pelos valores gerados pelo NDVI pode potencializar erros de interpretação. Assim, torna-se necessário o conhecimento sobre o uso da terra, período que está sendo analisado, entre outras variáveis. Estudos em escala municipal e de bacias hidrográficas necessitam de análise cautelosa, uma vez que podem apresentar muitos alvos – no uso e ocupação do solo.

O NDVI, além de ser um índice para monitoramento da vegetação e culturas, é frequentemente utilizado para compor outras equações, tal como a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), para o cálculo do fator C (SILVA et al., 2017; UEMA; GASPARETTO, 2020).

A EUPS compõe o sistema de uso de modelagem matemática constituído por métodos indiretos, com a finalidade de quantificar a erosão laminar (SOARES et al., 2017; SOUZA; GALVANI, 2017).

Os resultados proporcionados pela EUPS são de extrema importância e empregabilidade para o planejamento, incorporando diversos fatores naturais e antrópicos como o uso e ocupação do solo, práticas conservacionistas, topografia, erosividade e erodibilidade, além de, indiretamente, precipitação e classes de solos, a proporção e espacialização de perda de solos em tonelada por ano auxilia na proteção das culturas agrícolas e áreas naturais, possibilitando aos gestores conservar o solo.

Neste estudo, o foco da EUPS está relacionado a perda de solo nos municípios de Presidente Castelo Branco e Mandaguaçu, no noroeste do Paraná, nas áreas de maiores declividades e apresentam solos de textura média e uso de pastagem no solo. A diferenciação da precipitação influenciou nos valores de NDVI que, por sua vez, alterou sutilmente os resultados da EUPS de abril e dezembro, todavia, não expressando significativas mudanças nas localidades com fragmentos florestais, silvicultura e APP's.

## **2 OBJETIVOS**

O objetivo do trabalho é de quantificar e espacializar a erosão laminar existente no ano de 2020 nos municípios de Mandaguaçu e Presidente Castelo Branco, ambas no noroeste do Paraná e verificar possível correlação com os estágios de vegetação, em dois cenários distintos: mês chuvoso (dezembro) e mês seco (abril), que pode influenciar no desenvolvimento da vegetação. Para alcançar o objetivo principal do trabalho foram necessários realizar métodos como a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), que auxilia na quantificação e espacialização da perda de solos e o Índice de vegetação normalizada (NDVI) para comparar a cobertura vegetal nos pontos críticos com elevados valores de erosão laminar.

A hipótese da pesquisa se verifica pelo fato de que, se a EUPS aponta a perda de solos por erosão laminar e o NDVI indica as possíveis variações entre as áreas de cobertura vegetal, a combinação de ambas podem auxiliar na análise espacial dessas variações, pois a diferença

entre os fatores nas estações seca e chuvosa evidenciam a relação e dependência da correlação espacial entre perda de solo e cobertura vegetal.

### 3 METODOLOGIA

A equação universal de perda de solos foi desenvolvida por WISCHMEIER e SMITH (1978) com o propósito de simular e prever a perda de solo exclusivamente por erosão laminar de pequenas fazendas dos Estados Unidos que se valeu de outros estudos, dentre eles: ZINGG (1940), SMITH (1941) e BROWNING, PARISH e GLASS (1947). Além disso, pesquisadores pós-EUPS desenvolveram e utilizaram novos métodos e variações da técnica aprimorando-a em relação ao uso de novos recursos tecnológicos, podem-se citar: UEMA (2018), PETSCH e SANTOS (2015) e SOUZA (2010). Assim, é possível utilizar a EUPS para simular a perda de solos de cidades inteiras, a depender do detalhamento dos dados.

A EUPS pode ser representada pela equação (01):

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (01)$$

Sendo que: “A” representa a perda de solos por erosão laminar da área por ton. ha. Ano; a variável “R” representa a erosividade da área em estudo; o “K” representa a erodibilidade do tipo de solo; o fator “LS” é o fator topográfico, a junção entre o fator declividade e o comprimento da rampa; o fator “C” é o uso e ocupação do solo e o fator “P” representa as práticas conservacionistas utilizadas para manejo da área.

Para a obtenção dos valores do fator R, foi utilizada a metodologia de RUFINO, BISCAIA e MERTEN (1993), que obtiveram valores de áreas isoerosivas no Paraná, e é usado desde então para cálculos de erosividade no Estado, e os valores de precipitação foram retirados do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a equação (02) é representada por:

$$EI = 6,886 (r^2 P)^{0,85} \quad (02)$$

Sendo que: o Ei é a média mensal do índice de Erosividade; o r = precipitação média mensal em milímetros e o P é precipitação média anual em milímetros, o valor 6,886 e 0,85 são coeficientes das zonas isoerosivas paranaenses calculadas por RUFINO, BISCAIA e MERTEN (1993).

Para a obtenção do valor K foram utilizados valores já obtidos por outros autores para os tipos de solos existentes na área (FUJIHARA, 2002; PRADO e DE NÓBREGA, 2005; PETSCH e SANTOS, 2015; e BONIFÁCIO, 2019) e o *shapefile* de classes de solos utilizado provém do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG. A Tabela 1 mostra os valores do fator K (erodibilidade).

Tabela 1: Valores do fator K (erodibilidade)

Solo	Valor K
Latossolo Vermelho textura argilosa	0,0285
Latossolo Vermelho textura média	0,0036
Argissolo Vermelho textura arenosa	0,1007
Neossolos Regolítico textura argilosa	0,0178
Nitossolo Vermelho Textura argilosa	0,018
Zona urbana	0,8

Para a obtenção do fator LS, foi utilizado a imagem *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM da NASA (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço, dos Estados Unidos), que foi adicional ao plugin *Gisus-M* do ArcGIS, no qual o processo da EUPS foi realizado.

Para o fator C, foi utilizado o NDVI (SILVA et al., 2017; UEMA; GASPARETTO, 2020) para as datas de 27/04/2020 e 26/12/2020, com a equação (03) (ROUSE et al., 1974):

$$\text{NIR-RED}(\text{NIR}+\text{RED}) \quad (3)$$

Sendo que: NIR é a reflectância da banda do infravermelho próximo, e RED é a reflectância da banda do vermelho (visível). Ressalta-se que as imagens passaram por conversão dos valores de números digitais (DN) para radiância espectral e, na sequência, para reflectância; sendo sequenciada pela correção atmosférica pelo método *Dark Object Subtraction* (DOS), disponível no Qgis 3.10 pelo *Semi-Automatic Classification Plugin*. Para a estatística descritiva dos valores de NDVI utilizou-se n = 107 aleatoriamente.

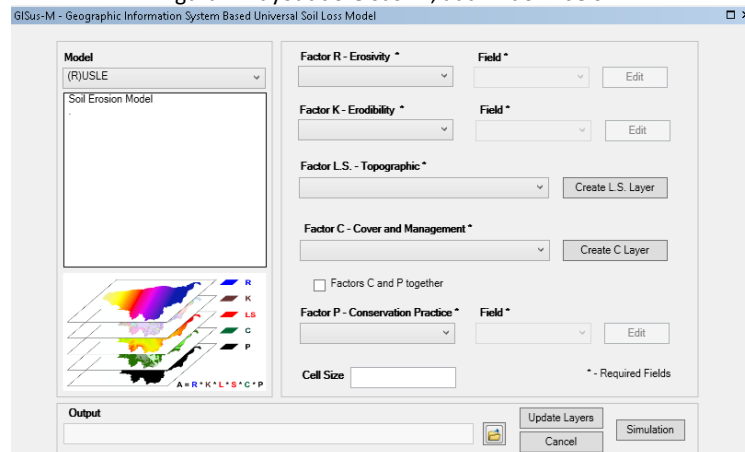
E, finalmente, para o fator P usou-se como base o shapefile do ITCG para uso do solo em 1:250.000, e os valores de bibliografias de FUJIHARA (2002), BERTONI e LOMBARDI NETO (1985) e SOUZA (2010). A Tabela 2 mostra os valores adotados para o fato P.

Tabela 2: Valores do fator P (práticas conservacionistas)

Práticas Conservacionistas	Fator P
Vegetação natural florestal	0,2
Plantio em contorno	0,5
Cordões de Vegetação permanente	0,2
Vegetação natural campestre	0,2
Pastagem	0,5
Lagos	1,0

Para o cálculo da EUPS foi utilizado o SIG ArcGis, e o plugin *GISUS-m*, criado por OLIVEIRA et al., (2015), o layout do *add-in* está representado na Figura (01).

Figura 1: Layout do Gissus-M, add-in do ArcGis.



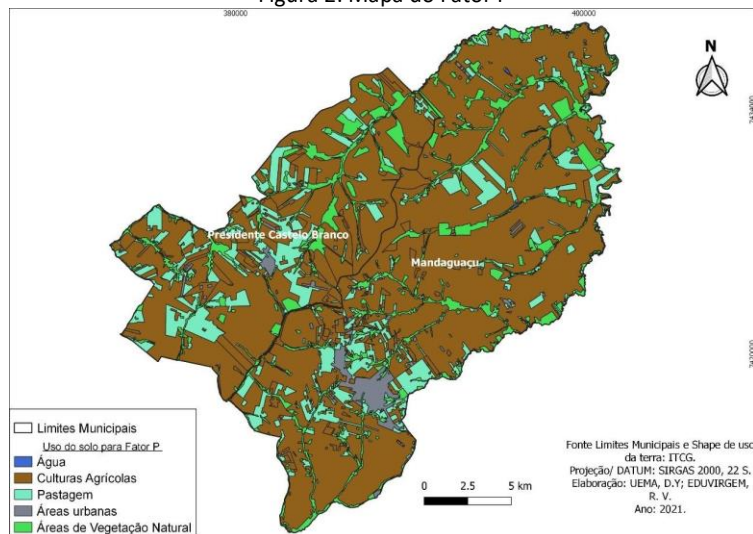
## 4 RESULTADOS

### 4.1 Fatores da EUPS

A obtenção dos resultados da EUPS necessita de cada mapa, ou informação geoespacial, dos fatores R, K, LS, P e C. Para cada mapa vetorial (fatores R, K e P) foi gerado uma tabela de atributos com uma coluna contendo os valores dos fatores para cada tipo de classe existente na imagem.

A Figura 2 (1:25.000) constitui os usos da terra em classes como água, culturas agrícolas, pastagem, áreas urbanas e áreas de vegetação natural, na tabela de atributo da imagem vetorial existem definições que foram relacionadas com a Tabela 2 gerando a base do fator P.

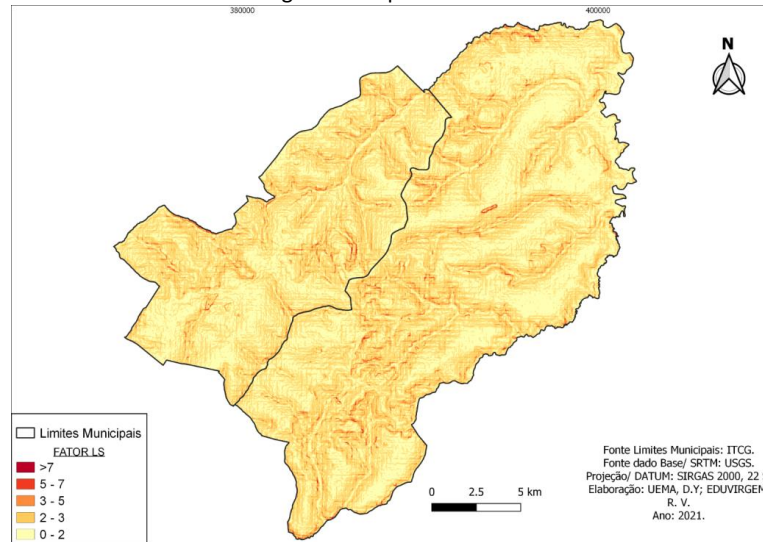
Figura 2: Mapa do Fator P



Para o fator topográfico (LS), gerado a partir da imagem SRTM, representado na Figura 3, foram definidas as classes 0 – 2, 2 – 3, 3 – 5, 5 – 7 e >7 (adimensional). As classes de menor valor LS foram identificadas como as áreas de menor declividade, mais planas e grande parte no

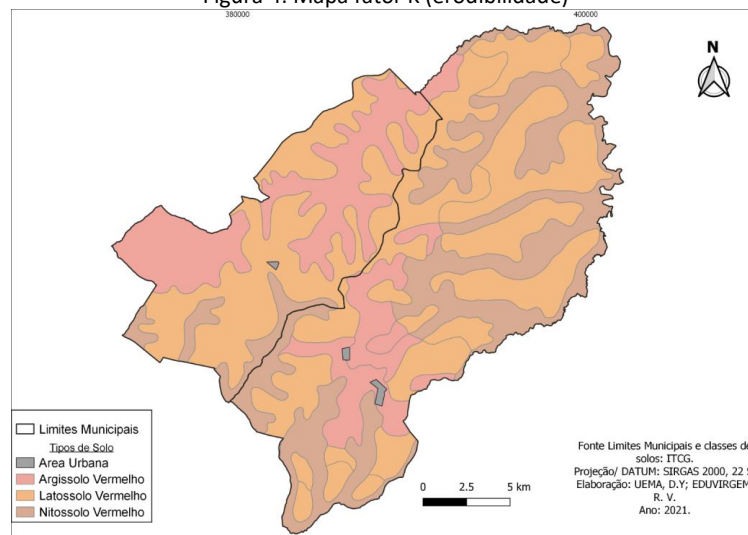
alto das vertentes, já as classes de maior valor LS estão concentradas nas áreas de maior declividade e áreas baixas.

Figura 3: Mapa do fator LS



A Figura 4 é composta das classes de solo existentes nos municípios estudados, conforme arquivo vetorial do ITCG em uma escala de 1:250.000. Os valores atribuídos às classes de solo estão identificados pela Tabela 1.

Figura 4: Mapa fator K (erodibilidade)



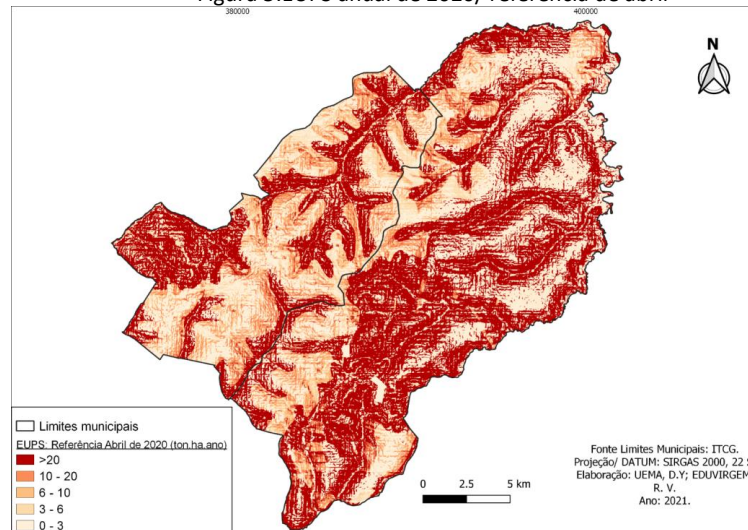
## 4.2 EUPS anual de 2020 com NDVI de período seco (abril)

Como resultado anual da EUPS para o ano de 2020, utilizando o NDVI de referência de abril (Figura 5), mês mais seco registrado pelo INMET, com 0 mm, obteve-se as classes de 0 – 3, 3 – 6, 6 – 10, 10 – 20 e >20 ton/ha/ano. Grande parte espacializada das classes 10-20 e >20 ton/ha/ano de perda de solo se encontram nas áreas de maior declive e maior fator LS, porém



identifica-se maior foco de perda de solo em classes de argissolo vermelho e nitossolo vermelho, se mostrando classes mais erosivas do que o latossolo vermelho. Já as classes 0-3, 3-6 e 6-10 possuem maior representatividade espacial nas áreas planas e altas, percebe-se que o município de Presidente Castelo Branco possui menor porcentagem de classes de maior perda de solo, já o de Mandaguaçu possuiu grande parte da área com grande perda de solo por ton/ha/ano. Esses fatos podem se vincular pelo fato de a terra ter maior declividade e o município ser muito exposto à pastagem.

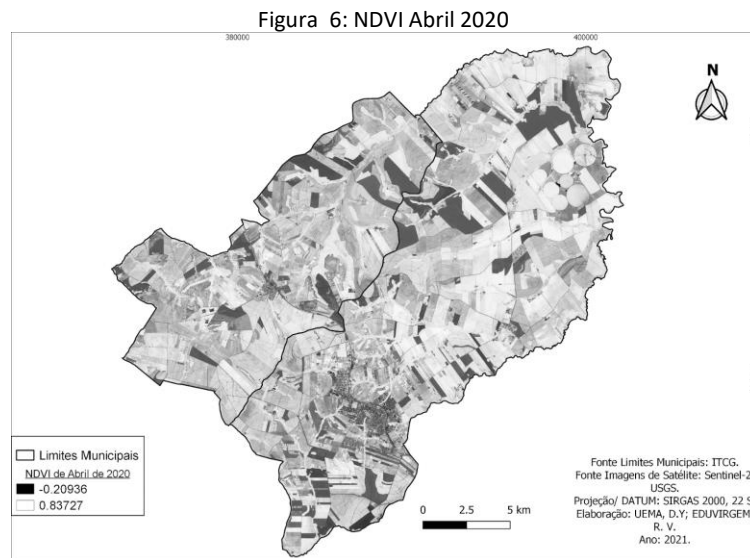
Figura 5: EUPS anual de 2020/ referência de abril



Para abril de 2020 (Figura 6), os valores de NDVI apresentaram valor máximo de 0,84, mediana de 0,61 e desvio padrão de 0,21; para dezembro de 2020 (Figura 7) o valor máximo foi 0,05 maior (0,89), bem como a mediana 0,03 (0,64) e o desvio padrão 0,02 (0,23). Desse modo, determinou-se que além dos valores de dezembro serem maiores, os mesmos apresentaram maior variação, com base na medida de dispersão –  $s$  = desvio padrão. O aumento dos valores de NDVI pode ser atribuído à água no sistema, uma vez que abril se trata de um mês seco e dezembro chuvoso para 2020.

Os valores mais elevados de NDVI para abril de 2020 foram determinados para cultura temporária (soja), cana-de-açúcar, fragmentos florestais, cabeceiras de drenagem e silvicultura. Valores  $\geq 0,80$  para esses alvos também foram identificados por Carneiro (2018); Daulat, Pranowo e Amri (2018); Fernandes, Vicens e Furtado (2018); Teramoto et al. (2018).



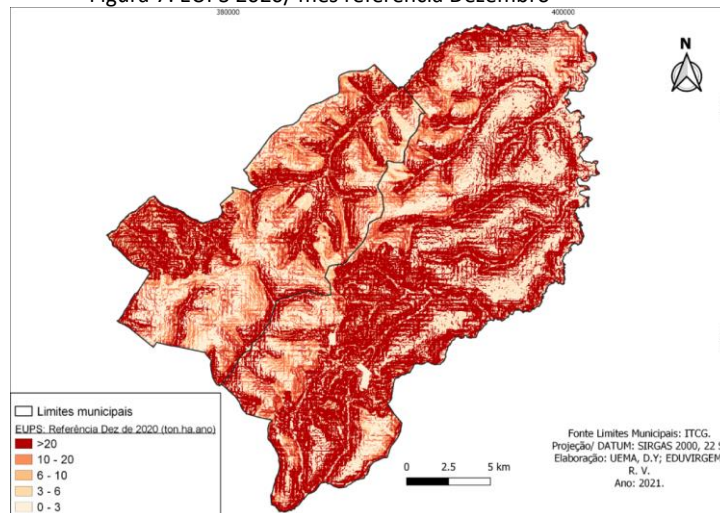


Utilizou-se análise espacial (com composição de bandas coloridas 4,3,2), NDVI e EUPS, e observou-se que as classes 10-20 e >20 são encontradas em culturas permanentes, cana-de-açúcar, fragmentos florestais, cultura temporária, APP rio e pastagem. As demais classes da EUPS (0-3, 3-6 e 6-10) foram determinadas com os usos e ocupação da terra: cana-de-açúcar, pastagem, cultura temporária, fragmentos florestais, planície de inundação e silvicultura.

#### 4.3 EUPS anual de 2020 com NDVI de período chuvoso (dezembro)

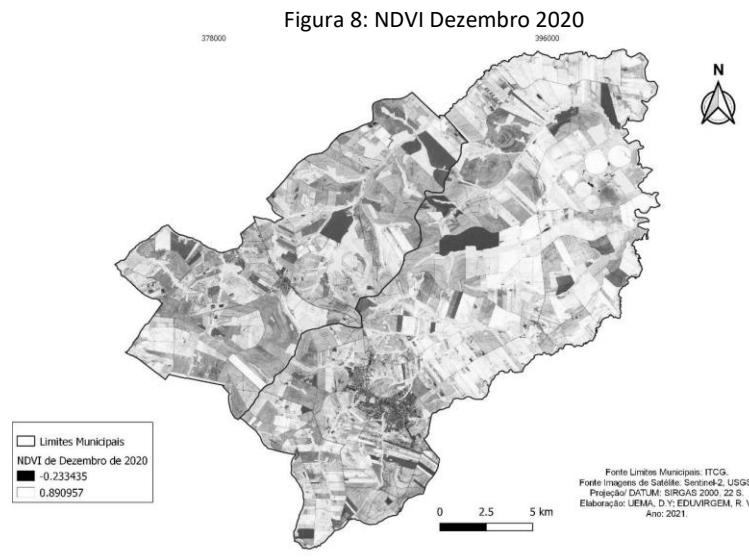
O resultado anual da EUPS de 2020 (figura 7) NDVI de referência de dezembro, o mês mais chuvoso do ano (181,6 mm), também está classificado entre 0 – 3, 3 – 6, 6 – 10, 10 – 20 e >20 ton/ha/ano, para fins de comparação. As diferenças se encontram nas classes medianas 6 – 10 e 10 – 20 ton/ha/ano, e é possível encontrá-las com mais frequência em locais que antes tinham classes baixas 0 – 3 e 3 – 6 ton/ha/ano evidenciando a influência da precipitação e do fator erosividade. A classe >20 ton/ha/ano pouco foi alterada em comparação à EUPS de referência de abril.

Figura 7: EUPS 2020/ mês referência Dezembro



O NDVI de abril (Figura 6) apresentou diferenças em relação ao mês de dezembro (Figura 8), principalmente na agricultura temporária, incluindo a cana-de-açúcar que foi determinado solo exposto (valores positivos de NDVI próximo de 0) – e consiste em uma condição momentânea da paisagem – uma vez que para o próximo plantio o solo necessita de repouso ou a rotação com outra cultura; o solo descoberto potencializa a erosão laminar (CAMPOS, 2018). Esse fato foi observado na área a sudoeste, em que a EUPS prevaleceu com a classe >20 ton/ha/ano.

Na cultura de soja (temporária), as modificações foram perceptíveis principalmente nos setores centro norte e sudeste, havendo talhões com solo descoberto – pelo preparo do solo para plantio, e a variação do NDVI pela fase de desenvolvimento da planta – devido às fases plantio, desenvolvimento, colheita e água no sistema. Por essa conjuntura, as classes da EUPS 6 – 10 e 10- 20 ton/ha/ano aumentaram, assim, ocasionando a diminuição das classes 0 -3 e 3-6 ton/ha/ano. Essa situação – inversamente proporcional – destaca a influência da precipitação na potencialização da erosão laminar. As áreas com silvicultura, fragmentos florestais, APP rio e cabeceira de drenagem continuaram com a prevalência da classe >20 ton/ha/ano. A Figura 7 ilustra a variação da cobertura vegetal para o mês chuvoso.



A cobertura “natural” (vegetação – seja mata nativa ou secundária) consiste em proteção para o solo, assim, diminuindo a intensidade da erosão laminar (SILVA; LUCHIARI, 2016). Não obstante, essas áreas com elevado NDVI predominaram na classe da EUPS >20 ton/ha/ano. Essa combinação tornou-se importante na equação da EUPS. Essa situação ocorreu também em área estudada por Corrêa (2011), e situação contrária, por Moraes (2018).

Uema e Gasparetto (2020) promoveram análise multi-temporal da EUPS – observando as diferenças durante as estações do ano (julho de 2016 a junho de 2017) e os valores anuais com solo coberto e descoberto – determinando elevada perda de solo por erosão laminar em APP fluvial, somente em trechos do baixo curso da BH do córrego Zauna (em dois modelos: primavera e solo descoberto), com valores entre 10-20 a >50 ton/ha/ano; no que consiste aos valores de EUPS em fragmentos florestais, as taxas determinadas foram entre 0 – 3 a 10 – 20 ton/ha/ano no cenário mais catastrófico porque nos demais cenários as áreas com vegetação arbórea apresentaram baixa taxa de perda de solo, sendo predominante a classe 0 – 3 ton/ha/ano, assim, configurando a vegetação como fator importante para mitigação da perda de solos.

Frente aos resultados importantes de Uema e Gasparetto (2020), cabe salientar que a área em estudo possui tamanho inferior ao deste estudo, bem como a não presença de argissolo – que consiste em solo com maior suscetibilidade à erosão laminar; e predominância das culturas soja e milho, não ocorrendo cana-de-açúcar, sendo essa uma cultura que favorece a perda de solo, principalmente no pousio; além de diferenças sutis nos demais fatores empregados na EUPS. Assim, denota-se que cada área em que a EUPS é aplicada podem ocorrer diferenças tanto pelos atributos físicos, quanto pelos pesos atribuídos às variáveis, sendo o resultado primordial para o planejamento das práticas conservacionistas.

## 5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que os métodos da EUPS utilizados sofrem interferência de todos os fatores propostos (R, K, LS, C e P), porém nos trabalhos os fatores K e LS são os que mais influenciaram no resultado final da EUPS.

Os municípios estudados, em comparação a outros estudos no Paraná, sofrem de maior erosão laminar, resultado de os solos serem mais arenosos e médios, sofrendo mais erodibilidade, proventos do arenito Caiuá.

O fator da alta porcentagem de pastagem e culturas agrícolas na área também influenciaram nos resultados.

O NDVI foi efetivo na diferenciação dos alvos do uso da terra, auxiliando na distinção, sendo necessária avaliação cautelosa e minuciosa dos alvos, uma vez que elevados valores de NDVI podem não ser apenas fragmentos florestais e silvicultura, mas também outros alvos.

No comparativo da EUPS com o NDVI, identificou-se espacialmente que as áreas com fragmentos florestais ocorreram majoritariamente em áreas com elevada perda de solos, razão a qual é explicada por outros fatores da EUPS como exemplo fator LS e (k) solo (argissolo) mais suscetível à erosão, uma vez que argissolos em áreas com alta declividade são favoráveis a abundante perda de solo por erosão laminar. Por tal fato, se expressa a importância da continuidade da preservação desses fragmentos florestais, pois sem a cobertura arbórea o processo de erosão laminar pode ser intensificado. Por fim, denota-se que essa foi uma condição de acordo com os municípios em estudo, que é também identificada em outras áreas do Brasil. No entanto, como abordado, situação contrária é possível e frequente, devido à conjuntura de elementos ambientais naturais e antrópicos.

Os resultados indicam que a hipótese da pesquisa pode ser comprovada, pelo fato das metodologias estudadas apresentarem dados condizentes com a sistemática da erosão laminar, para futuras pesquisas, é possível realizar diversas álgebras de mapas temporais em diferentes bacias hidrográficas para resultar em dados brutos correlacionando ainda mais a erosão laminar e a cobertura vegetal.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUD NETA, S. R.; BIAS, E. S.; BRITES, R. S.; SANTOS, C. A. M. Aplicação de um Modelo de NDVI para Detecção Multitemporal de Mudanças no Uso e Cobertura do Solo. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 592-604, 2018.

ALMEIDA, D. N. O.; OLIVEIRA, L. M. M.; CANDEIAS, A. L. B.; BEZERRA, U. A.; LEITE, A. C. S. Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 58-68, 2018.

BARROS, A. S.; FARIAS, L. M.; MARINHO, J. L. A. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Caracterização da Cobertura Vegetativa de Juazeiro Do Norte – CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n. 06, p. 2885-2895, 2020.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. **Livro**, Piracicaba, n. Editora: Livroceres, 1985.

BONIFÁCIO, C. M. **Fragilidade ambiental e qualidade da água na Unidade Hidrográfica do Pirapó, Paranapanema III e IV, Paraná**. 205 f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2019.

BRITO, V. V.; RUBILAR, R. A.; COOK, R. L.; CAMPOE, O. C.; CARTER, D. R. Evaluating remote sensing indices as potential productivity and stand quality indicators for *Pinus radiata* plantations. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 129, e3316, 2021.

BROWNING, G. M.; PARISH, L.; GLASS, J. A method for determining the use and limitation of rotation and conservation practices in control of soil erosion in Iowa. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 39, p. 65-73, 1947.

CARNEIRO, F. M. **Sensores de dossel no monitoramento da variabilidade temporal das culturas da soja e do amendoim**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2018.

CASA, A.; OVANDO, G.; BRESSANINI, L.; MARTÍNEZ, J.; DÍAZ, G.; MIRANDA, C. Soybean crop coverage estimation from NDVI images with different spatial resolution to evaluate yield variability in a plot. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 146, p. 531-547, 2018.

CAMPOS, L. H. F. **Resíduos de herbicidas aplicados em cana-de-açúcar afetando adubos verdes e a cultura de soja em rotação**. 90 f. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

CORDEIRO, A. P. A.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; MELO, R. W.; SHIMABUKURO, Y. E.; FIOR, C. S. Regiões homogêneas de vegetação utilizando a variabilidade do NDVI. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 883-896, 2017.

CORRÊA, E. A. **Caracterização da cobertura vegetal na Equação Universal de Perda de Solos (Fator C) por meio de geotecnologias**. 167 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2011.

COSTA, L. C. B.; GUASSELLI, L. A. Comportamento sazonal de remanescentes de fitofisionomias da Mata Atlântica, Bacia do Rio dos Sinos - RS, por meio de NDVI. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 44, n. 1/2, p. 101-118, 2017.

DAMBRÓS, G. Qual o papel das geotecnologias na estruturação de um novo paradigma da Geografia?. **Caderno de Geografia**, v. 30, n. 60, p. 163-171, 2020.

DAULAT, A.; PRANOWO, W. S.; AMRL, S. N. Mangrove forest change in Nusa Penida marine protected area, Bali - Indonesia using Landsat satellite imagery. **International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences**, v. 15, n. 2, p. 141-156, 2018.

EDUVIRGEM, R. V.; PAROLIN, M.; VILLWOCK, F. H. Aplicação de índices de vegetação na avaliação espacial da vegetação do Parque Estadual de Vila Velha. **Geoingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, v. 12, n. 2, p. 78-96, 2020.

FERNANDES, P. J. F.; VICENS, R. S.; FURTADO, L. F. A. Comparação de algoritmos de filtragem em séries temporais de NDVI/MODIS. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 3, p. 867-905, 2018.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 17, p. 24-29, 2005.

FUJIHARA, A. K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento**. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HU, Q.; MA, Y.; XU, B.; SONG, Q.; TANG, H.; WU, W. Estimating Sub-Pixel Soybean Fraction from Time-Series MODIS Data Using an Optimized Geographically Weighted Regression Model. **Remote Sensing**, v. 10, n. 4, 491, 2018.

LEITE, A. P.; SANTOS, G. R.; SANTOS, J. É. O. Análise temporal dos índices de vegetação NDVI e SAVI na estação experimental de Itatinga utilizando imagens Landsat 8. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 6, n. 4, p.606-623, 2017.

OLIVEIRA, J. et al. A GIS-based procedure for automatically calculating soil loss from the Universal Soil Loss Equation: GISus-M. **Transactions of the ASABE**, v. 31, n. 6, p. 907-917, 2015.

PRADO, B. D.; DE NÓBREGA, M. T. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego a do córrego. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 27, n. 1, p. 33-42, 2005.

PETSCH, C.; SANTOS, M. Análise comparativa entre métodos de estimativas de perda de solos, o caso do Ribeirão Morangueira – PR. **Boletim de Geografia**, v. 33, n. 1, p. 15-26, 2015.

MELO, B. M. D.; MIRANDA, P. R. S.; GONÇALVES, T. S.; ASSIS, A. L.; CABACINHA, C. D.; MARCATTI, G. E.; CASTRO, R. V. O.; ARAÚJO JÚNIOR, C. A. Análise temporal do NDVI como ferramenta para o planejamento do ecoturismo na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 11, p. 01-08, 2019.

MORAES, A. G. L. **Modelagem Espacial da Erosão em Entressulcos e Taxa de Infiltração Estável**. 68 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2018.

OLIVEIRA, L. N.; AQUINO, C. M. S. Índice da Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Gurguéia, Piauí-Brasil: análise do efeito da expansão agrícola. **Revista Geoaraguaia**, v. 10, n. 2, p.126-143, 2020.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Proceedings of the Third ERTS Symposium**, v. 1. p. 309-317. 1974.

RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. M.; MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n. 3, p. 439-444, 1993.

SALDANHA, C. S.; CARDIAS, M. E. M.; WERLANG, M. K. Aplicabilidades do sensoriamento remoto no ensino de geografia. In. GROSS, J. A. (ed.) **Geografia por Sensoriamento Remoto**. Canoas: Mérida Publishers, 2021, pp. 88-102.

SILVA, D. C. C.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; SALES, J. C. A.; LOURENÇO, R. W. Identificação de áreas com perda de solo acima do tolerável usando NDVI para o cálculo do fator C da USLE. **Ra'e Ga**, v. 42, p. 72-85, 2017.

SILVA, L. C. N.; LUCHIARI, A. Estimativa de Perda de Solos por Erosão Laminar na Bacia Hidrográfica do Córrego Baguaçu-SP. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 32, p. 15-28, 2016.

SILVA JUNIOR, U. J.; GONÇALVES, R. M.; OLIVEIRA, L. M. M.; SILVA JUNIOR, J. A. Sensibilidade Espectral dos Índices de Vegetação: GNDVI, NDVI e EVI na Mata Ciliar do Reservatório de Serrinha II – PE, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 1, p. 17-35, 2021.

SMITH, D. Interpretation of soil conservation data for field use. **Agricultural Engineering**, v. 22, p. 173-175, 1941.

SOARES, L. S.; CASTRO, A. C. L.; LOPES, W. G. R.; SILVA, E. V. ARAÚJO, G. C. M.; FRANÇA, V. L.; SANTOS, P. V. C. J. Erosive Potential in Sub-basins of the Lower Itapecuru River in the State of Maranhão, Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 04, p. 1027-1045, 2017.

SOUZA, J. C.; LOPES, E. R. N.; SOUSA, J. A. P.; MARTINS, A. C. G.; LOURENÇO, R. W. Method for evaluating plant cover and quantification using pixel to pixel correlation indices. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 12, n. 2, p. 245-256, 2018.

SOUZA, V. **Estimativa de perda de solo por erosão laminar na bacia do córrego Pinhalzinho II com suporte de geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

SOUZA, V.; GALVANI, E. Determinação do potencial natural à erosão laminar na bacia do rio Jacaré Guaçú (SP). **Ra'e Ga**, v. 39, p. 8-23, 2017.

TERAMOTO, E. H.; BENJUMEA, M. T.; GONÇALVES, R. D.; KIANG, C. H. Séries temporais do índice NDVI na avaliação do comportamento sazonal do Aquífero Rio Claro. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 3, p. 1135-1157, 2018.

UEMA, D. **Quantificação de perda de solos em bacia hidrográfica de primeira ordem: o caso da bacia hidrográfica do córrego Zaúna**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

UEMA, D. Y.; GASPARETTO, N. V. L. Análise quantitativa de perdas de solo da bacia hidrográfica de primeira ordem do córrego Zaúna - Maringá (PR). **Boletim de Geografia**, v. 38, n. 2, p. 49-63, 2020.

VENTURA, S. J.; MIRANDA, L. C.; SILVA, E. V. Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no médio curso do Rio Ceará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.1, p.252-261, 2019.

VIEIRA, B. F.; CARVALHO, H. D. S. Avaliação do desmatamento na Estação Ecológica Raso da Catarina. **Anais dos Seminários de Iniciação Científica**, v. 21, p. 1-4, 2017.

WISCHMEIER, W.; SMITH, D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. **Department of Agriculture, Science and Education Administration.**, v. 537, p. 58, 1978.

ZINGG, A. W. Degree and lenght of land slope as it affects soil loss and runoff. **Agricultural Engineering**, v. 21, n. 2, p. 59-64, 1940.