

II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

POTENCIAL NATURAL DE EROÇÃO DOS SOLOS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO GUARANI, NO MUNICÍPIO DE MUNIZ FREIRE-ES

Caio Henrique Ungarato Fiorese, caiofiorese@hotmail.com, UFES-Alegre

Resumo

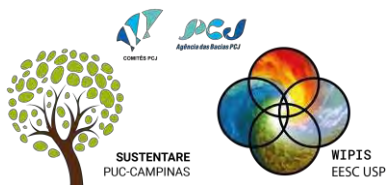
A erosão tem sido um dos principais problemas ambientais vistos em muitas bacias hidrográficas brasileiras, tendo, por exemplo, origem a partir de características naturais, como o relevo. Nesse sentido, este trabalho teve o objetivo de analisar o potencial natural de erosão dos solos na sub-bacia hidrográfica do córrego Guarani (BHCG), com vistas a subsidiar melhorias em termos de conservação dos solos atrelada ao planejamento antrópico na região. Os procedimentos ocorreram através de sistemas de informações geográficas, empregando o programa ArcGIS®. Os bancos de dados geográficos foram adquiridos nos portais eletrônicos do GEOBASES, da Agência Nacional de Águas e do Instituto Jones dos Santos Neves. A princípio, foi delimitada a BHCG para, em seguida, ser estimada a erosão potencial a partir da Equação Universal de Perda dos Solos. Para isso, foram considerados os parâmetros: erosividade, erodibilidade, comprimento de rampa e declividade. A erosão potencial foi mapeada, quantificada e classificada. A erosão potencial na BHCG varia de 0 ton/ha.ano a 19096 ton/ha.ano, com média aritmética igual a 656,712 ton/ha.ano e desvio padrão de 601,388 ton/ha.ano. A classe de intensidade à erosão mais predominante é a “fraca”, com 36,820%. No entanto, quando somadas, as classes de menores intensidades, a “fraca” e “moderada”, contabilizam 70,357%. Já as de maiores intensidades, a “forte” e “muito forte”, abrangem 5,016%. A maior parte da BHCG possui baixa tendência à erosão, o que representa um fator positivo para a qualidade ambiental. Os resultados obtidos podem ser atribuídos, principalmente, aos fatores comprimento de rampa e declividade. Assim, é de extrema relevância a adoção de medidas voltadas à conservação dos solos, priorizando as localidades naturalmente mais propensas à erosão.

Palavras-chave: equação universal de perda dos solos, geoprocessamento, planejamento antrópico, recursos naturais.

1. Introdução

A erosão do solo representa um assunto muito importante, principalmente em decorrência dos expressivos prejuízos em âmbitos social, financeiro e ambiental. A preocupação em entender a dinâmica dos processos erosivos e seus impactos provocados, assim como a elaboração de métodos de investigação e técnicas de mitigação e atenuação dos impactos ambientais, faz com a temática da erosão esteja em constante abordagem (PEREIRA, 2014). A erosão dos solos é considerada como um dos mais preocupantes problemas ambientais da atualidade, pois atinge indiscriminadamente regiões agrícolas, centros urbanos e áreas naturais (MORAIS; SALES, 2017).

Diversas bacias hidrográficas brasileiras vêm sofrendo múltiplas pressões, em virtude expansão urbana e agrícola. A constante alteração da superfície nas bacias hidrográficas tem causado a erosão hídrica do solo, devido, principalmente, ao mau uso e ocupação (PEREIRA; SANTOS; SILVA, 2015). Essa situação não é diferente na sub-bacia hidrográfica do córrego



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

Guarani (BHCG), devido principalmente à ocupação antrópica desordenada atrelada às características naturais, como aquelas intrínsecas ao relevo. Por se tratar de uma bacia hidrográfica localizada em área rural, essa preocupação passa a ser ainda maior. Nessa região, há elevada predominância de técnicas incorretas de manejo e preparo do solo, em virtude, por exemplo, do desconhecimento das potencialidades à erosão desses espaços. Essa pesquisa, assim, se insere na problemática da investigação acerca da quantificação e análise da tendência natural erosiva da BHCG, em prol do oferecimento de uma gama de informações relevantes sobre essa área.

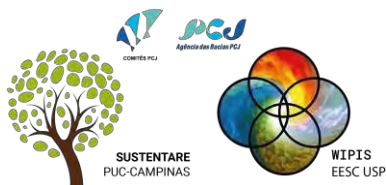
Por isso, a identificação do potencial erosivo do solo pode server como um alicerce para a avaliação da vulnerabilidade ambiental de determinado local, como uma bacia hidrográfica. A predição do potencial natural de erosão dos solos na área estudada se torna ainda mais relevante pelo fato de não haver, na literatura, estudos específicos voltados a esse tema contemplando a BHCG. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar o potencial natural de erosão dos solos na sub-bacia hidrográfica do córrego Guarani, a fim de subsidiar melhorias em termos de conservação dos solos atrelada ao planejamento antrópico na região.

2. Fundamentação teórica

Bacia hidrográfica pode ser considerada como a área de drenagem que abrange o conjunto de cursos d'água que convergem para esse rio, até a seção considerada. É, portanto, limitada em superfície a montante, pelos divisores de água, que correspondem aos pontos mais elevados do terreno e que separam bacias adjacentes. O conjunto de cursos d'água, denominado rede de drenagem, está estruturado, com todos os seus canais, para conduzir a água e os detritos que lhe são fornecidos pelos terrenos da bacia de drenagem (VIEIRA; BRAZ; MIRANDOLA, 2012). As bacias hidrográficas são consideradas no que concerne o planejamento territorial como a unidade básica de estudos para o desenvolvimento de ações e medidas estruturais e não estruturais, a fim de integrar a gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental. No Brasil, este recorte territorial foi instituído através da Política Nacional de Recursos Hídricos, através da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (CARVALHO, 2020).

Atualmente, as bacias hidrográficas vêm sendo estudadas constantemente, devido à sua importância e por se tratar de um espaço complexo onde acontecem as interações entre as atividades antrópicas e o meio ambiente. Pesquisadores de diversas áreas vêm estudando as bacias hidrográficas. Entre essas áreas está a geografia que vem dando contribuições significativas acerca do tema (VIEIRA; BRAZ; MIRANDOLA, 2012). Nesse sentido, a gestão de bacia hidrográfica merece grande atenção, por se tratar de um recorte espacial de interesse da geografia. É neste espaço que o relevo se transforma ao longo do tempo, devido ao processo erosivo que ocorre de forma natural e, em alguns momentos, de forma muito intensa (OLIVEIRA; LEITE, 2018).

A erosão hídrica ocorre especialmente em áreas de clima tropical, devido às taxas mais elevadas de precipitação pluviométrica, quando comparadas com as demais regiões da Terra. Todavia, devido à característica sistêmica da erosão, alterações em algum dos condicionantes geoambientais, como, por exemplo, solo, declividade e vegetação, podem resultar no desencadeamento e avanço de processos erosivos nas mais distintas regiões (MORAIS; SALES,



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas

V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade

17 a 19 de novembro de 2020

2017). Ainda, a erosão hídrica pode ocorrer de diferentes formas. As mais significativas são: a erosão em ravinas, a erosão em voçorocas e a erosão em canal. Todas essas formas de erosão podem acontecer simultaneamente e em intensidades variadas (VALENTIN, 2008).

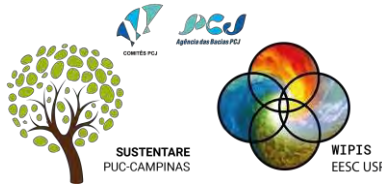
Entre os principais problemas, estão os relacionados à erosão, salinização, compactação, acidificação e contaminação. Isso, possivelmente, traz alguns prejuízos, tais como: perda de fertilidade do solo, perdas na produção e produtividade agropecuária, aumento nos gastos financeiros de produção, avanços das fronteiras agrícolas, desflorestamento, ineficiência na captação de carbono da atmosfera, aumento dos preços dos alimentos, assoreamento dos rios, intensificação de enchentes e inundações e, principalmente e o mais agravante, a escassez hídrica (OLIVEIRA; LEITE, 2018). A erosão hídrica impacta diversas atividades humanas, como a agricultura, o transporte fluvial, a pesca, a geração de energia elétrica, etc. O aumento da taxa de erosão em uma bacia hidrográfica, por exemplo, provoca assoreamento de corpos de água, como nos reservatórios destinados à geração de energia elétrica (MATOS, 2015).

Para a avaliação e predição das perdas de solo por erosão hídrica, a USLE (Universal Soil Loss Equation), proposta por Wischmeier e Smith (1962), tem sido o modelo mais utilizado em todo o mundo. A equação engloba um conjunto de fatores naturais e antrópicos. Dentre os fatores naturais, destacam-se a erosividade da chuva, a erodibilidade do solo e o fator topográfico, que são inerentes às características naturais do meio (BUENO; STEIN, 2004). O modelo da USLE tem como objetivo fazer uma estimativa da erosão do solo a médio e longo prazos, podendo fornecer subsídios relevantes ao planejamento de práticas conservacionistas visando minimizar as perdas de solos em níveis aceitáveis (CORREA; PINTO, 2012). Os mapas de perda de solo e de risco de erosão simulado são relevantes produtos nas tomadas de decisão no planejamento conservacionista do uso da terra pelos produtores rurais, órgãos de extensão rural e gestores ambientais, pois espacializam e quantificam as taxas absolutas de erosão (DEMARCHI; PIROLI; ZIMBACK, 2019).

Como esta quantificação da erosão em campo é morosa e de elevado custo, foram desenvolvidos modelos matemáticos de predição de taxas de erosão, como é o caso da USLE, que podem ser executados em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) (DEMARCHI; PIROLI; ZIMBACK, 2019). Atualmente, para análises ambientais, os SIG's são ferramentas eficientes devido à sua grande versatilidade na gestão e análise de informações espaciais (CUIABANO et al., 2017). A caracterização da área quanto aos fatores que estão relacionados ao processo erosivo, bem como o potencial de capacidade de uso do solo, integrados ao SIG, são importantes ferramentas para o diagnóstico do planejamento ambiental. Através dos SIG's, pode-se determinar a melhor forma de uso e ocupação do solo, evitando assim, futuros problemas ambientais em determinada área (COSTA; TEMÓTEO; ZIMBACK, 2009).

3. Metodologia

A BHCG fica localizada na porção norte do município de Muniz Freire, na mesorregião Sul do Estado do Espírito Santo. Situada em âmbito rural e com uma área de 15,348 km², possui a cafeicultura e a pecuária como as principais atividades econômicas. Tem clima caracterizado como Cwa, segundo a classificação de Koppen, ou seja, clima subtropical de inverno seco, com



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

temperaturas inferiores a 18 °C, e verão quente, com temperaturas superiores a 22 °C (EMBRAPA, 2020). A Figura 1 apresenta a localização da sub-bacia hidrográfica estudada.

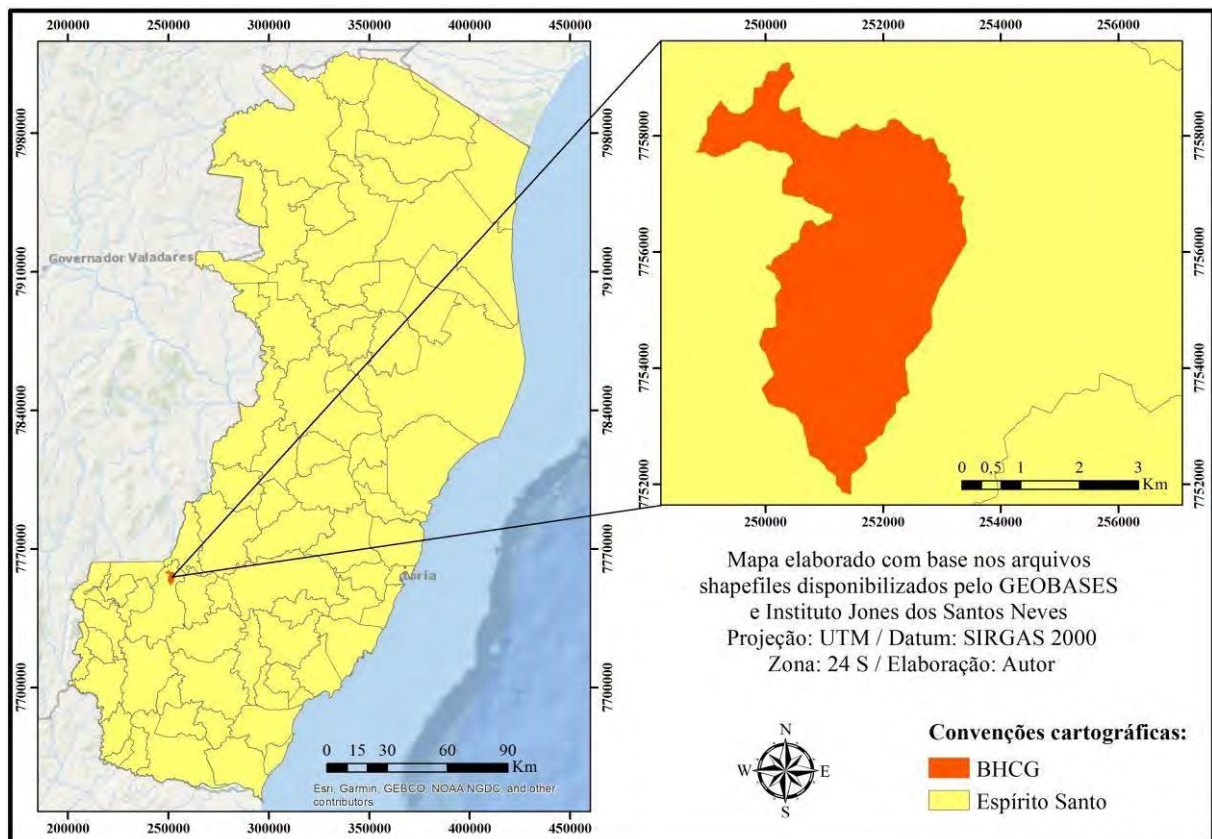


Figura 1 – Localização da BHCG. Fonte: Adaptado de GEOBASES (2020) e Instituto Jones dos Santos Neves (2020)

Os procedimentos ocorreram com auxílio de sistemas de informações geográficas, no programa computacional ArcGIS®. Os bancos de dados cartográficos foram adquiridos nos sítios eletrônicos do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES), da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). Inicialmente, a região de interesse foi identificada a partir de feições de municípios do Estado do Espírito Santo adquiridas junto ao Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN, 2020) para, em seguida, delimitar a BHCG a partir dos seguintes procedimentos, de acordo com Santos et al. (2010): aquisição de curvas de nível da região no GEOBASES e seu posterior recorte; geração do Modelo Digital de Elevação (MDE); correção do MDE (para corrigir algumas depressões que possam interromper o fluxo hídrico); traçagem dos fluxos de direção (*flow direction*) e de acumulação (*flow accumulation*) da drenagem; identificação e demarcação do exutório através de um ponto e; delimitação da BHCG. A identificação desse exutório foi auxiliada por feições de cursos d'água da região junto ao portal eletrônico da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020). Tal arquivo apresentou dados e nomes dos cursos hídricos locais.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Após a demarcação da BHCG, os procedimentos para a modelagem da erosão foram prosseguidos somente para a área delimitada. Para estimar a perda de solos atual e potencial, foi considerada a USLE, que é expressa pela equação (1) (WISCHMEIER; SMITH, 1962):

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

Em que: A = perda de solo ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); R = erosividade da chuva ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); K = erodibilidade do solo [$t \text{ ha}^{-1} (\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1})^{-1}$]; L = comprimento do declive (adimensional); S = grau de declive (adimensional); C = uso e manejo do solo (adimensional); P = práticas conservacionistas (adimensional). A erosão atual indica as perdas de solo por erosão hídrica considerando o potencial natural de erosão e as condições atuais de uso do solo e práticas culturais, ou seja, os fatores C e P (DURÃES; MELLO, 2016). Portanto, não foram considerados, no cálculo da erosão potencial, os valores de C e P da EUPS.

A capacidade da chuva de causar erosão em uma área sem proteção em uma dada localidade é expressa pelo fator numérico R (WISCHMEIER; SMITH, 1962), que deve ser calculado a partir de índices mensais de erosão, obtidos pela equação (2), desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992):

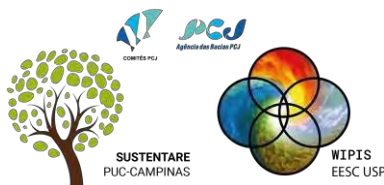
$$EI_i = 67,355 \times \left(\frac{r_i^2}{P_i} \right)^{0,85} \quad (2)$$

Em que: EI_i = média mensal do índice de erosão ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); r_i = precipitação pluviométrica média mensal, em mm; P_i = precipitação pluviométrica média anual, em mm. O fator R representa o somatório dos índices mensais de erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). As informações pluviométricas foram consultadas no sítio eletrônico Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020), acerca de uma estação pluviométrica situada no município de Muniz Freire (ES), com série histórica de 43 anos e coordenadas geográficas: S 20° 31' 42"/ W 41° 30' 41". Foi consultada essa estação devido à grande série histórica pluviométrica disponível.

Através do MDE da área estudada, foi gerado o mapa de declividade, em graus, através da função “slope” no ArcGIS, para determinar os fatores L e S da EUPS. Na prática, esses dois fatores são considerados conjuntamente, por meio de um termo denominado fator topográfico ou LS, que é obtido a partir da agregação do comprimento das encostas (vertentes) com o gradiente de declividade (grau de inclinação), por meio de modelos matemáticos (GALDINO, 2012). Os fatores comprimento de rampa e declividade, embora têm sido pesquisados separadamente, é mais conveniente considerá-los conjuntamente como um fator LS (BUENO; ARRAES; MIQUELONI, 2011).

O método de Bertoni e Lombardi Neto (1990) foi considerado na obtenção do fator LS. O comprimento de rampa (L) foi obtido pela equação (3) (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990):

$$L = \sqrt{P^2 + \left(\frac{D}{100} \times P \right)^2} \quad (3)$$



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Em que: L = comprimento de rampa (adimensional); P = tamanho do pixel considerado (15 m) e; D = declividade (em %). A declividade foi obtida pelo Modelo Digital de Elevação (MDE) da área gerado pelo método da rede triangulada irregular (TIN) através de feições (arquivos vetoriais) de curvas de nível da área com equidistância de 5 m. Posteriormente, foi obtido o fator LS considerando a equação (4), também proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1990):

$$LS = 0,00984 \times L^{0,63} \times D^{1,18} \quad (4)$$

Sendo: L = comprimento de rampa (adimensional) e; D = declividade (em porcentagem).

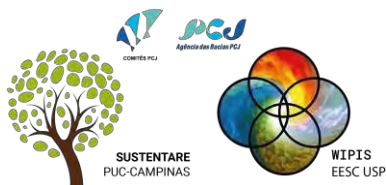
Alguns solos possuem maior tendência à erosão que outros, mesmo desconsiderando outros fatores que interferem na erosão ou quando a cobertura vegetal, a precipitação, o declive e as práticas de controle de erosão são as mesmas. Essa diferença é denominada erodibilidade do solo (fator K), e acontece devido às propriedades inerentes ao solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). O fator K representa a tendência à erosão do solo, que é a recíproca da sua resistência à erosão. A erodibilidade é o único fator, na EUPS, relacionado com as características do solo. Possui forte relação com as propriedades físicas, químicas, biológicas e mineralógicas do solo (AHMED, 2009). O fator K (erodibilidade do solo) foi obtido, a princípio, através do mapeamento dos tipos de solos da BHCG. Em seguida, os números foram consultados segundo os valores propostos por Corrêa, Moraes e Pinto (2015) e Demarchi e Zimback (2014).

A inserção das equações utilizadas foi feita na ferramenta “raster calculator”, também caracterizada como álgebra de mapas, que possibilita o manuseio de mapas considerando as equações inseridas no ArcGIS®. Tendo obtido todos os fatores da equação, a erosão foi classificada de acordo com o método de Durães e Mello (2016).

4. Resultados

A erosividade estimada foi igual a 6.797,20 MJ ha⁻¹ mm⁻¹, o que pode ser classificada como “moderada a alta”, segundo a classificação abordada por Carvalho (2008). Na BHCG, foram identificados três tipos de solos, que são: cambissolo háplico, latossolo amarelo e nitossolo vermelho. Ambos possuem valores de erodibilidade (fator K) iguais a, respectivamente, 0,036 (CORRÊA; MORAES; PINTO, 2015), 0,041 (DEMARCHI; ZIMBACK, 2014) e 0,039 (DEMARCHI; ZIMBACK, 2014). O cambissolo háplico abrange 9,8% da BHCG, ao passo que o latossolo amarelo ocupa 14,576% e o nitossolo vermelho possui 75,624%.

A erosão potencial na BHCG varia de 0 ton/ha.ano a 19096 ton/ha.ano, com média aritmética igual a 656,712 ton/ha.ano e desvio padrão de 601,388 ton/ha.ano. A classe de intensidade à erosão mais predominante é a “fraca”, com 36,820%. No entanto, quando somadas, as classes de menores intensidades, a “fraca” e “moderada”, contabilizam 70,357%. Já as de maiores intensidades, a “forte” e “muito forte”, abrangem 5,016%. A Tabela 1 e a Figura 2 mostram, respectivamente, a área (em porcentagem) para cada classe de intensidade natural à erosão e o mapa de perda de solo.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Tabela 1 – Dados de área para cada classe de intensidade à erosão

Classes	Área (%)	Área acumulada (%)
Fraca (≤ 400)	36,820	36,82
Moderada (400 - 800)	33,537	70,357
Moderada a forte (800 - 1600)	24,627	94,984
Forte (1600 - 2400)	3,488	98,472
Muito forte (> 2400)	1,528	100,000

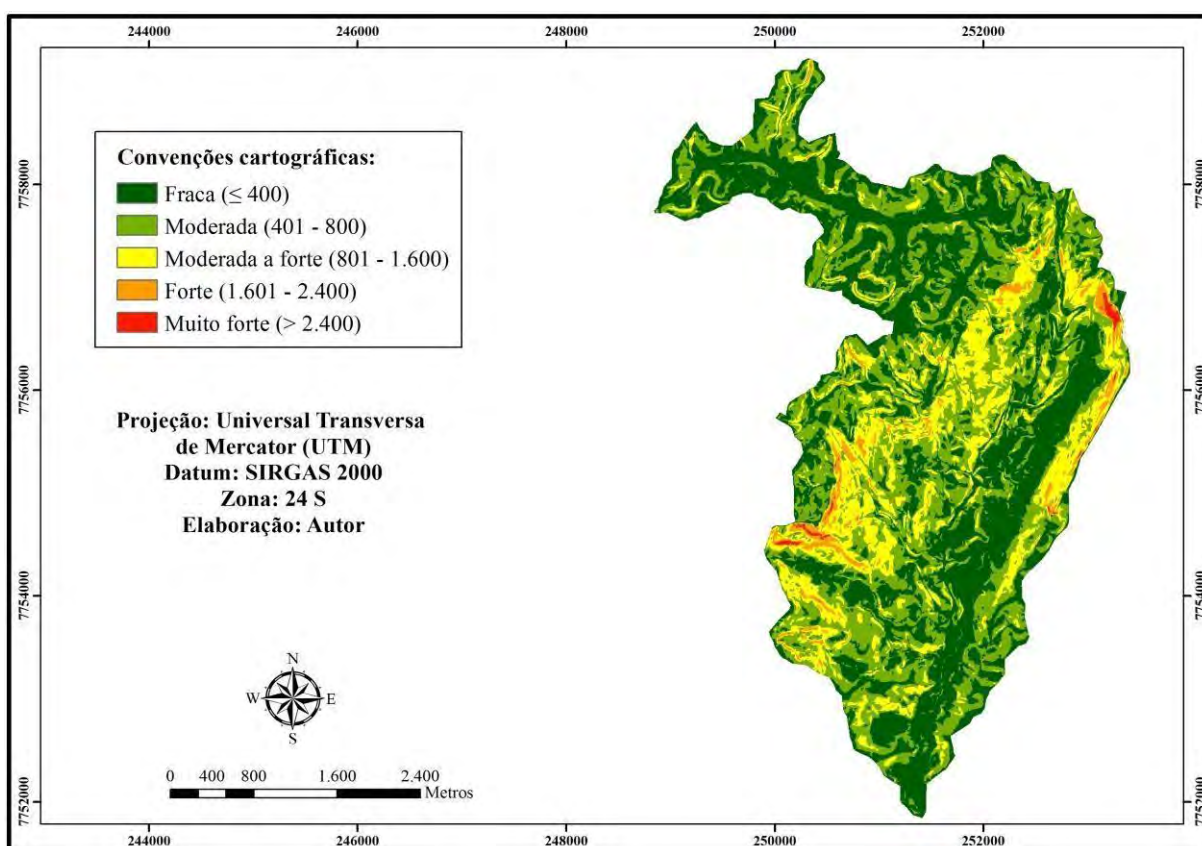


Figura 2 – Mapa de erosão potencial da BHCG

5. Conclusões

Portanto, pode-se dizer que a maior parte da BHCG possui baixa tendência à erosão, o que representa um fator positivo para a qualidade ambiental da mesma. Os resultados obtidos podem ser atribuídos, principalmente, aos fatores comprimento de rampa e declividade (fator LS). Dessa forma, as características intrínsecas ao relevo (declividade e comprimento de rampa) e



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

consideradas na USLE exercem influência crucial nas perdas de solo na BHCG. Os maiores valores de potencial erosivo estão associados à relevos mais irregulares, ao passo que os menores valores são vistos em áreas onde o relevo é mais suave.

Embora a BHCG, em suma, não possua elevadas tendências à erosão, deve-se ter atenção quanto ao manejo e a ocupação das atividades agrícolas. A preocupação em haver um correto planejamento e manejo antrópico nas áreas agrícolas na BHCG deve ser considerada para todas as propriedades rurais ali existentes, mesmo aquelas naturalmente menos vulneráveis à perda de solos, pois a erosão pode ser agravada caso a ação antrópica não seja devidamente executada nas atividades rurais nessa região.

Na BHCG, portanto, são necessárias medidas, tais como: a manutenção da cobertura vegetal morta ou viva sobre o solo para sua proteção, programas de combate, controle e prevenção da erosão e o correto planejamento do uso das terras aliado ao planejamento ambiental. Essas medidas devem ter como prioridade as regiões onde naturalmente são mais propensas à erosão, embora aquelas que tenham menor propensão à erosão também exijam a adoção de medidas conservacionistas.

Nesse sentido, os resultados obtidos e as discussões explanadas precisam servir para um melhor planejamento da ocupação antrópica na BHCG, priorizando a ocupação em locais com menor tendência à erosão. Também se espera que haja melhor conscientização aos produtores rurais da BHCG referentes à vulnerabilidade natural de suas terras à erosão e das técnicas mais adequadas de manejo agrícola e pecuária. Os objetivos pretendidos neste trabalho foram atendidos. No entanto, há necessidade da realização de novos trabalhos relacionados à temática abordada. Algumas sugestões incluem as análises de práticas de manejo empregadas por produtores rurais da BHCG e estudos da influência da ocupação antrópica na qualidade dos recursos hídricos ali existentes.

6. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pelo suporte financeiro fornecido para a realização desta pesquisa.

7. Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2020. **Encontre mapas interativos, conjuntos de dados geográficos, imagens de satélite e outros serviços.** In: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home> (acessado em 28 de Setembro de 2020).

AHMED, C. R. M. **Fatores que influenciam a erodibilidade nos solos do município de Campos dos Goytacazes-RJ sob uma análise multicritério.** 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2009.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 3. ed. São Paulo: Icone, 1990.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 4. ed. São Paulo: Icone, 1999.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade

17 a 19 de novembro de 2020

BUENO, C. R. P.; ARRAES, C. L.; MIQUELONI, D. P. Aplicação do sistema de informação geográfica para determinação do fator topográfico em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 30-47, 2011.

BUENO, C. R. P.; STEIN, D. P. Potencial natural e antrópico de erosão na região de Brotas, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 1-5, 2004.

CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 42, v. 1, p. 140-161, jan-jun, 2020.

CORRÊA, E. A.; MORAES, I. C.; PINTO, S. dos A. F. Estimativa da erodibilidade e tolerância de perdas de solo na região do centro leste paulista. **Geociências**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 848-860, 2015.

CORREA, E. A.; PINTO, S. A. F. S. Avaliação do potencial natural de erosão na bacia hidrográfica do córrego Monjolo Grande (Ipeúna-SP). **Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 1356-1367, 2012.

COSTA, C. D. de O.; TEMÓTEO, A. da S.; ZIMBACK, C. R. L. Caracterização de uma bacia hidrográfica quanto a suscetibilidade a erosão, utilizando técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009.

CUIABANO, M. do N.; NEVES, S. M. A. da S.; NUNES, M. C. M.; SERAFIM, M. E.; NEVES, R. J. Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica na sub-bacia do córrego Guanabara/ Reserva do Cabaçal-MT Brasil. **Geociências**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 138-153, 2017.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Estimativa de perda de solos por erosão laminar e linear na bacia hidrográfica do ribeirão das Perobas (SP), nos anos 1962 e 2011. **Revista Ra' e Ga**, Curitiba, v. 46, p. 110-131, abr./2019.

DEMARCHI, J. C.; ZIMBACK, C. R. L. Mapeamento, erodibilidade e tolerância de perda de solo na sub-bacia do ribeirão das Perobas. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 29, n. 2, p. 102-114, abr./jun. 2014.

DURÃES, M. F.; MELLO, C. R. de. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na bacia hidrográfica do rio Sapucaí, MG. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 677-685, out./dez. 2016.

EMBRAPA. 2020. **Clima**. In: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm> (acessado em 2 de Outubro de 2020).

GALDINO, S. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do Alto Taquari – MS/MT**. 2012. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

GEOBASES. **IEMA – mapeamento ES – 2012-2015**. 2020. In: <https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215> (acessado em 1 de Junho de 2020).

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves. 2020. **Shapefiles**. In: <http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/> (acessado em 1 de Outubro de 2020).

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

relação com as perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantia*, Campinas, v. 51, n. 2, p. 189- 196, 1992.

MATOS, T. V. da S. **Determinação de áreas de vulnerabilidade à erosão hídrica com base na Equação Universal de Perda de Solo (USLE)**. 2015. 116 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

MORAIS, R. C. de S.; SALES, M. C. L. Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica. *Caderno de Geografia*, v. 27, n. 1, p. 84-105, 2017.

OLIVEIRA, W. F.; LEITE, M. E. Perda de solo por erosão hídrica em bacia hidrográfica: o caso da área de drenagem da barragem do rio Juramento, no norte do Estado de Minas Gerais. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 19, n. 67, p. 16-37, set. 2018.

PEREIRA, J. S. **Avaliação das perdas de solos por erosão laminar na área de influência da UHE Amador Aguiar I**. 2014. 167 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

PEREIRA, T. S. R.; SANTOS, K. A.; SILVA, B. F.; FORMIGA, K. T. Determinação e espacialização da perda de solo da bacia hidrográfica do córrego Cascavel, Goiás. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 9, n. 2, p. 76-93, 2015.

SANTOS, A. R. dos.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGÊNIO, F. C. **ArcGIS 9.3 total: aplicações para dados espaciais**. 2.ed. Alegre: CAUFES, 2010. 184 p.

VALENTIN, E. F. D. **Modelagem dinâmica de perdas de solo: o caso do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Descoberto-DF/GO**. 2008. 113 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

VIEIRA, P. H.; BRAZ, A. M.; MIRANDOLA, P. H. A importância do Spring como ferramenta de análise ambiental: caso da bacia hidrográfica do Uerê/MS. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 8, n. 2, p. 49-59, 2012.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall erosion. *Advances in Agronomy*, New York, v. 14, p. 109-148, 1962.