



Avaliação da Vulnerabilidade à Perda de Solo com a Implementação do Parque Estadual da Serra Dourada – Goiás

Assessment of vulnerability to soil loss with the implementation of the Serra Dourada State Park - Goiás

Evaluación de la vulnerabilidad a la pérdida de suelo com la implementación del Parque Estatal de la Serra Dourada - Goiás

Danyella Ferreira Oliveira

Universidade Federal de Goiás

danyellaferreiraoliveira@gmail.com

Rherison Tyrone Silva Almeida

Universidade Federal de Goiás

rherison_almeida@ufg.br

Resumo: O artigo objetivou identificar áreas vulneráveis à perda de solo e erosões no Parque Estadual da Serra Dourada e em seu entorno de dois quilômetros, com o intuito complementar de verificar se a delimitação da Unidade de Conservação trouxe efeito de preservação. Adotou-se como recorte temporal os anos de 1985, 2003 e 2022, considerando, portanto, um recorte anterior e posterior ao decreto de criação do parque de 2003. Foram gerados três diagnósticos de perda de solo a partir da aplicação da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). Observou-se que as principais alterações nas classes de perda de solo se deram pela conversão de áreas com cobertura natural e apropriação para atividades agropecuárias. Identificou-se, por meio de inspeção visual de imagens de satélite, 294 pontos erosivos, dos quais 121 estão dentro do parque e 26 são erosões críticas. Os resultados evidenciam que a criação da Unidade de Conservação não foi suficiente para garantir a preservação ambiental, porém, diminuiu o avanço da degradação sobre o espaço.

Palavras-chave: Erosão. Unidade de Conservação. Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Abstract: The article aimed to identify areas vulnerable to soil loss and erosion in the Serra Dourada State Park and its two-kilometer surroundings, with the additional aim of verifying whether the delimitation of the Conservation Unit had a preservation effect. The years 1985, 2003 and 2022 were adopted as a time frame, therefore considering a time frame before and after the 2003 park creation decree. Three soil loss diagnoses were generated from the application of the Universal Loss Equation of Soil (USLE). It was observed that the main changes in soil loss classes were due to the conversion of areas with natural cover and appropriation for agricultural activities. Through visual inspection of satellite images, 294 erosion points were identified, of which 121 are within the park and 26 are critical erosions. The results show that the creation of the Conservation Unit was not enough to guarantee environmental preservation, however, it reduced the advancement of degradation over space.

Keywords: Erosion. Conservation Unit. Universal Soil Loss Equation (USLE). Geographic Information Systems (GIS).

Resumen: El artículo tuvo como objetivo identificar áreas vulnerables a la pérdida de suelo y erosión en el Parque Estatal de Serra Dourada y sus dos kilómetros circundantes, con el objetivo adicional de verificar si la delimitación de la Unidad de Conservación tuvo un efecto de preservación. Se adoptó como marco temporal los años 1985, 2003 y 2022, considerando por tanto un marco temporal anterior y posterior al decreto de creación del parque de 2003. Se generaron tres diagnósticos de pérdida de suelo a partir de la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS). Se observó que los principales cambios en las clases de pérdida de suelo se debieron a la conversión de áreas con cobertura natural y apropiación para actividades agrícolas. Mediante inspección visual de imágenes satelitales se identificaron 294 puntos de erosión, de los cuales 121 se encuentran dentro del parque y 26 son erosiones críticas. Los resultados muestran que la creación de la Unidad de Conservación no fue suficiente para garantizar la preservación ambiental, sin embargo, redujo el avance de la degradación sobre el espacio.

Palabras clave: Erosión. Unidad de Conservación. Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS). Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Introdução

Unidades de Conservação (UCs) são áreas delimitadas por meio de ato do Poder Público com o intuito de controlar o avanço das atividades antrópicas e proteger os recursos naturais. Esses espaços possuem características naturais e geodiversidades relevantes, sendo protegidos e submetidos a regimes especiais de diligência (BRASIL, 2011). Existem UCs no Brasil desde a década de 1930, mas estas foram criadas como políticas públicas de formação da identidade nacional. Essas UCs não possuíam respaldos científicos ou normas técnicas, o que impossibilitava a instauração de objetivos de manejo e políticas que pudessem auxiliar na gestão dessas áreas (DRUMMOND; FRANCO; OLIVEIRA, 2012; ALMEIDA, 2014).

O estabelecimento da Política Nacional de Meio Ambiente, promovido a partir da Lei federal nº 6.938/1981, configurou-se como o marco inicial da questão ambiental no Brasil, tendo em vista que esta foi a primeira legislação a incluir o meio ambiente como objeto específico de proteção (STJ, 2013). No entanto, somente no ano 2000, foi criada a Lei federal nº 9.985 que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). O SNUC estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das UCs, e prevê dois grupos diferentes: Proteção Integral e Uso Sustentável. As Unidades de Proteção Integral têm o objetivo de preservar, sendo admitido apenas o uso indireto da natureza. Enquanto as Unidades de Uso Sustentável buscam equilibrar a conservação com a utilização sustentável de parte dos recursos naturais. Ressalta-se que independente da tipologia, a implantação de UCs são essenciais para conservar e proteger os elementos bióticos e abióticos do meio ambiente (BRASIL, 2011; VIEIRA; CARNEIRO, 2020).

O estado de Goiás dispõe de uma importante geodiversidade oriunda de seus patrimônios geológicos e geomorfológicos, considerando a presença das bacias hidrográficas do Araguaia-Tocantins, do São Francisco e do Paraná, assim como os aquíferos Bambuí, Urucuia e Guarani, e demais elementos abióticos (VIEIRA; CARNEIRO, 2020). Além disso, o estado goiano contempla uma valorosa biodiversidade do bioma Cerrado, sendo considerado um *hotspot* de importância mundial. O termo inglês define

regiões que apresentam expressiva relevância ecológica com alto grau de endemismo, mas que estão ameaçadas e necessitam de prioridades na conservação (MYERS *et al.*, 2000; VIEIRA; CARNEIRO, 2020).

Considerando a relevância ambiental do território goiano, foi criado por meio da Lei estadual nº 14.247/2002, o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC), que designa critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação no estado de Goiás. O SEUC prevê entre as suas categorias, o Parque Estadual como Unidade de Proteção Integral, pois não é admitido o uso direto dos recursos naturais e o objetivo é preservar os ecossistemas de grande relevância ecológica. Além da área delimitada para preservação, a categoria de Parque Estadual deve dispor de uma Zona de Amortecimento (ZA), a qual corresponde ao entorno da UC que está sujeito a normas e restrições específicas. Caso a UC não disponha de um Plano de Manejo, no estado de Goiás, considera-se a ZA como quilômetros contíguos ao longo de seus limites para efeitos de licenciamento ambiental, conforme expressa o art. 20 da Lei estadual nº 20.694/2019 (BRASIL, 2011; GOIÁS, 2002, 2019).

O processo histórico de ocupação das áreas onde são estabelecidas as UCs podem ocasionar impactos ambientais sobre esses territórios protegidos. A região onde está localizado o Parque Estadual da Serra Dourada (PESD), classificada como Unidade de Proteção Integral, é marcada por conflitos de uso da terra que ocasionaram a diminuição da biodiversidade, a modificação dos aspectos físicos e o aumento na ocorrência de processos erosivos (VIEIRA; FERREIRA, N.; FERREIRA, L., 2014). Dentre os impactos mencionados, a erosão é uma das principais problemáticas, visto que os solos são um dos alicerces para a manutenção da vida, do ciclo da água e da dinâmica dos ecossistemas (BRILHA; SÁ, 2007; SEGEDI, 2019).

Existem diversos métodos preditivos que auxiliam na determinação da estimativa da vulnerabilidade à perda de solos. Segundo Silva *et al.* (2010), a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) proposta por Wischmeier e Smith (1978) é o método mais utilizado para estimar processos erosivos no Brasil. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2010), a EUPS expressa a ação dos principais fatores que influenciam a erosão, como tipo de solo, pluviosidade, topografia e uso e manejo do

solo. Esse método consiste em realizar o cálculo da equação 1, na qual cada fator representa a influência de uma variável.

$$A = R * K * L * S * C * P \text{ (equação 1)}$$

A = perda média anual de solo ($\text{Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$); **R** = erosividade da chuva ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$); **K** = erodibilidade do solo ($\text{Mg h MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$); **L** = comprimento de rampa em metros (adimensional); **S** = declividade em porcentagem (adimensional); **C** = práticas conservacionistas (adimensional); e **P** = uso e o manejo do solo (adimensional).

A EUPS pode auxiliar nos diagnósticos e prognósticos das condições das UCs por meio da indicação de áreas que necessitam de maior intensificação na preservação no sentido de orientar ações de manejo (FABRÍCIO; ALMEIDA, 2022; SILVA *et al.*, 2020). Dessa forma, ressalta-se a importância de realizar o estudo no PESD, considerando que ele está contido em um local com histórico de ocupação pela exploração agropecuária (FERNANDES; CARNEIRO; OLIVEIRA, 2019). O parque foi criado a partir do Decreto nº 5.768 de 05 de junho de 2003, com o intuito de preservar as nascentes, os mananciais, a flora, a fauna, as belezas cênicas e os sítios arqueológicos, além de limitar a ocupação do solo na região (GOIÁS, 2003). Dispõe ainda de inúmeros atrativos naturais e pelo menos 15 geossítios de significativa relevância turística, científica e educacional que necessitam ser preservados (RIZZO, 1970; PINTO FILHO, 2014; SEMAD, 2021). Ademais, levando em consideração a sua importante geodiversidade e suas características pedológicas, o parque pode ser definido como um laboratório natural ao ar livre e um patrimônio ecológico para o estado de Goiás (ARAÚJO; CARNEIRO; SANTOS, 2021; SEMAD, 2021).

Nesse sentido, objetiva-se identificar áreas de vulnerabilidade à perda de solos no Parque Estadual da Serra Dourada (PESD) e em seu entorno com a intenção complementar de verificar seu estado de preservação adotando como recorte temporal o período entre 1985, 2003 e 2022, considerando, portanto, um recorte anterior e posterior ao seu decreto de criação de 2003.

Caracterização da área de estudo

A área de estudo está situada na divisa entre as mesorregiões noroeste e centro do estado de Goiás. O Parque Estadual da Serra Dourada (PESD) se localiza nos municípios de Goiás, Buriti de Goiás e Mossâmedes, enquanto o entorno do PESD, além desses, abrange a região leste da cidade de Novo Brasil (Figura 1).

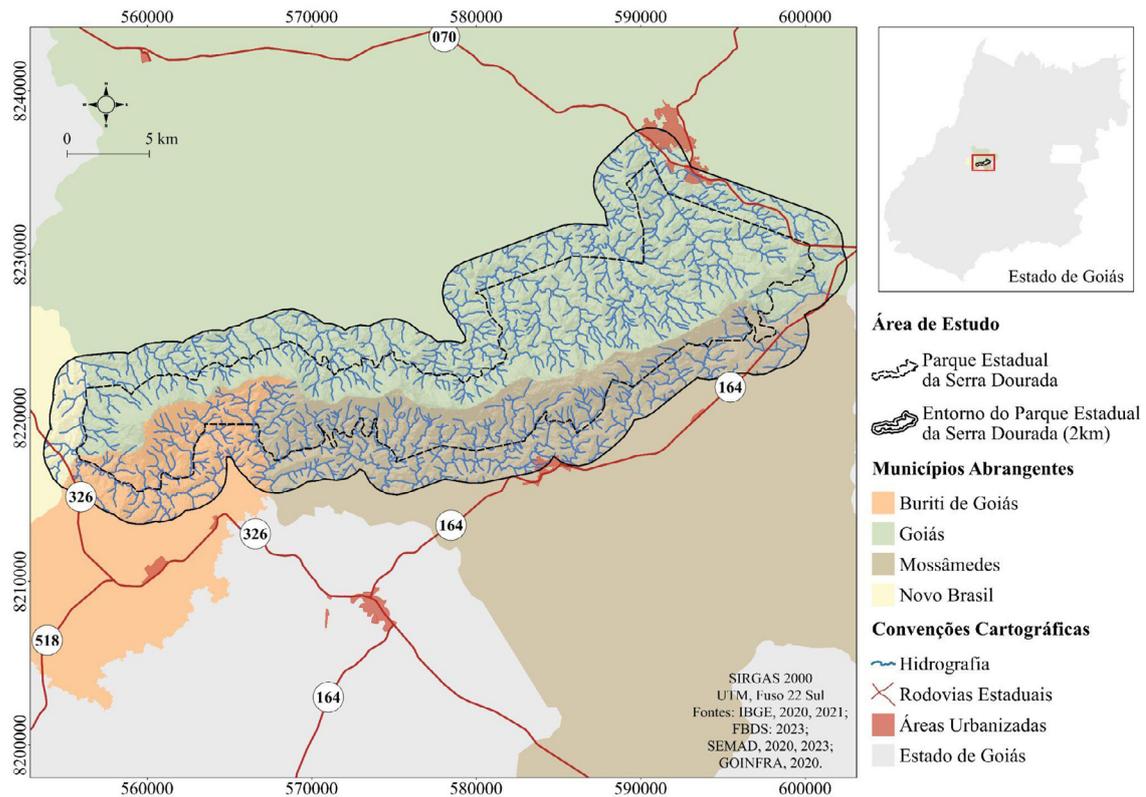


Figura 1: Localização do Parque Estadual da Serra Dourada e do seu entorno.

Fonte: Autores, 2024. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse: <https://abre.ai/pesd-localizacao>

Com área total de 300 km² e 260 km², respectivamente, o parque e o seu entorno estão totalmente inseridos no bioma Cerrado. As fitofisionomias predominantes correspondem a cerrado típico, cerradão e formação campestre (BARBOSA, 2009). A área de cerrado típico possui distribuição abrangente na área, o cerradão se concentra em locais específicos onde o solo possui maior influência da topografia acidentada e a formação campestre se acumula, prioritariamente, no topo da serra (BARBOSA, 2009).

As formações geológicas da região do PESD são caracterizadas, predominantemente, pela existência de rochas metamórficas e ígneas, com pontuais ocorrências de composições sedimentares (PINTO FILHO, 2014; SIMÕES, 1984). A área é coberta pelos grupos Araxá e Canastra, com rochas e matrizes de texturas finas e grossas, além de minerais secundários oriundos de processos de intemperismo (MOMOLI *et al.*, 2021; PINTO FILHO, 2014). A Serra Dourada em si, é composta por rochas metassedimentares (quartzitos, quartzo-xisto, muscovita-xisto, clorita-biotita xisto, gnaiss, anfibolito e calcixisto) do Grupo Araxá, na Faixa de Dobramentos Brasília (MOMOLI *et al.*, 2021; PINTO FILHO, 2014; SIMÕES, 1984).

A configuração do relevo da Serra Dourada indica que ela está contida em uma faixa formada por eventos tectônicos que culminaram na formação de um *hogback*. Este termo define uma estrutura semelhante a uma *cuesta*, no entanto, com distribuições em camadas inclinadas de mergulhos superiores a 30 graus (CASSETI, 2005). O processo tectônico associado corresponde à elevação da crosta continental a partir do soerguimento do magma em uma falha geológica (CASSETI, 2005; MENDONÇA; SANTOS; CARNEIRO, 2020). Essa estrutura contribuiu para que o PESD funcionasse como um divisor de águas entre os rios que integram as bacias Araguaia-Tocantins e bacia do Paranaíba (PINTO FILHO, 2014).

Em relação à pedologia da área de estudo, foram identificados solos classificados como Cambissolo Háplico, Neossolo Litólico, Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho (EMATER, 2017). Os Cambissolos Háplicos possuem limitações em relação ao uso, visto que, geralmente, estão associados a relevos acentuados, pequenas profundidades e ocorrências de rochas na massa do solo. Os Neossolos Litólicos correspondem a solos rasos, normalmente, presentes em áreas de declives com presença de afloramentos rochosos. Essas características colocam esse tipo de solo em um elevado risco de erosão. O Argissolo Vermelho-Amarelo possui maior predominância em terrenos acidentados e dissecados, dispondo de restrições relacionadas à fertilidade e susceptibilidade a processos erosivos. Os Latossolos Vermelhos são considerados solos profundos e porosos ou muito porosos, proporcionando condições apropriadas para o desenvolvimento radicular em profundidade. A distribuição desses solos apresenta uma tendência à

ocorrência de classes medianamente profundas e argilosas na base da serra, enquanto os solos rasos e arenosos vão surgindo em direção ao topo (SANTOS; ZARONI; ALMEIDA, 2021; MOMOLI *et al.*, 2021).

A principal atividade econômica desenvolvida na região no momento de criação do parque correspondia à prática de pecuária extensiva, por conta da qualidade do solo e o relevo ondulado que dificultavam o desenvolvimento da agricultura (LIMA, 2004). Atualmente, mesmo com a área sujeita ao regime de proteção integral, a agropecuária continua sendo uma ameaça à geodiversidade do local (MENDONÇA; SANTOS; CARNEIRO, 2020).

Materiais e métodos

Equação universal de perda do solo (EUPS)

Erosividade

A erosividade (R) foi obtida a partir de dados diários de precipitação do satélite Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS), que possui uma resolução espacial de cerca de cinco quilômetros e corresponde a um compilado de dados de precipitação desenvolvidos por instituições científicas estadunidenses. As informações foram obtidas através da plataforma Climate Engine (2023), coletadas em nove pontos amostrais no entorno da área de interesse, entre os anos de 1981 e 2022, correspondente às estações virtuais CHIRPS de: Buriti de Goiás, Goiás, Itaiú, Mossâmedes, Novo Brasil, Novo Goiás, Parque Estadual da Serra Dourada, Sanclerlândia e São José da Lajinha.

O cálculo dos valores de erosividade (R) para a área foram embasados na equação 2 propostas para o estado Goiás por Moraes *et al.* (1991) e apresentada por Alexandre Silva (2004):

$$EI_{30} = 36.849 * (Mx^2 / P)^{1.0852} \text{ (equação 2)}$$

EI₃₀ = média mensal do índice de erosão, em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹; **Mx** = precipitação média mensal, em mm; **P** = precipitação média anual, em mm.

Os dados de precipitação diárias foram organizados em planilha eletrônica para adequação à equação proposta e em sequência realizou-se a soma dos resultados mensais para obtenção do fator de erosividade da chuva por $Mj.mm/ha.h.ano$, de cada estação virtual, conforme demonstra a equação 3.

$$R = \sum_{i=1}^{12} (EI_{30})_i \quad (\text{equação 3})$$

Por fim, com o intuito de espacializar as informações, adicionou-se na tabela de atributos no *software* QGIS 3.28.3, os valores do fator R para cada ponto amostrado. Posteriormente, esses dados foram interpolados por meio do método de interpolação IDW (*Inverse Distance Weighted*).

Erodibilidade dos solos

Para estabelecer a erodibilidade (Fator K), foi necessário obter dados vetoriais de solos disponibilizados pela EMATER (2017), na escala de 1:250.000. Após identificar cada classe distribuída na área de interesse, buscou-se na literatura os valores do fator K para associação a cada tipo de solo encontrado (Tabela 1). Ressalta-se que os índices adotados são de regiões próximas ou similares à área estudada.

Tabela 1: Fonte e valores de erodibilidade dos solos adquiridos na literatura para a área de estudo.

Classes de Solos	Fator K ($Mg\ h\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$)	Fonte
Argissolo Vermelho-Amarelo	0,033	Marques <i>et al.</i> (1997)
Cambissolo Háptico	0,035	Silva <i>et al.</i> (2009)
Grupamento Urbano	0	Stein <i>et al.</i> (1987)
Latossolo Vermelho	0,009	Silva <i>et al.</i> (1997)
Neossolo Litólico	0,044	Lima <i>et al.</i> (2016)

Comprimento de rampa e declividade

O comprimento de rampa e declividade (Fator LS ou Fator topográfico) foi obtido a partir de dados matriciais do Modelo Digital de Elevação (MDE) da plataforma *Alaska Satellite Facility* (2017). Este modelo denominado ALOS PALSAR corresponde ao dado *Shuttle Radar Topography*

Mission (SRTM) reamostrado para um tamanho de pixel de 12,5 m (UAF, 2023). No *software* QGIS 3.28.3, fator LS foi gerado através do método proposto por Desmet e Govers (1996) e seus valores adimensionais foram classificados conforme Tartari e Constantino (2018).

Uso e manejo do solo e práticas conservacionistas

Os valores de uso e manejo do solo e práticas conservacionistas (Fator CP) relacionados à região da área de estudo foram adquiridos a partir da literatura, na qual foram associadas à distribuição dos dados matriciais das classes de uso e cobertura da terra do MapBiomas (2023) na coleção 8.0 para os anos de 1985 (registro mais antigo), 2003 (ano de criação do PESD) e 2022 (registro mais recente) (Tabela 2). Ressalta-se que, devido à escala do MapBiomas de 1:80.000 a 1:100.000, foi necessário a realização de validação das classes e, quando necessário, exigiu-se refinamentos para correção de erros de confusão entre classes. Para estes procedimentos, utilizou dados TM Landsat e OLI Landsat para o recorte temporal adotado, nas quais foram obtidas na plataforma *Google Earth Engine*.

Tabela 2: Fonte e valores de CP adquiridos na literatura.

Classes de Uso e Cobertura da Terra	Fator CP	Fonte
Agricultura	0,2	
Área Urbanizada	0	
Corpo D'água	0	
Floresta	0,00004	Stein <i>et al.</i> (1987)
Formação Natural não Florestal	0,01	
Pastagem	0,1	
Silvicultura	0,0001	
Mosaico de Agricultura e Pastagem	0,15	Pena (2020)
Outras Áreas não Vegetadas	1	Reining (1992)

Estimativa de perda de solo e identificação de processos erosivos

Diante do recorte temporal adotado no fator CP, foram gerados três cenários de perda de solo, os quais foram classificados de forma qualitativa, em: Nula a Moderada (< 15 Mg ha⁻¹ano⁻¹), Média (15 - 50 Mg

ha⁻¹ano⁻¹), Média a Forte (50 - 120 Mg ha⁻¹ano⁻¹) e Forte a Muito Forte (> 120 Mg ha⁻¹ano⁻¹) conforme adaptação de Carvalho (2008).

Para a identificação de processos erosivos recorreu-se ao plugin "QuickMapServices" do QGIS para visualização de imagens de alta resolução espacial do *Google Satellite* e realização do mapeamento das feições erosivas identificadas. Foram denominados de pontos críticos as erosões lineares de extensão superior a 20 metros. Ressalta-se que o plugin foi utilizado entre os meses de agosto e dezembro de 2023, mas as imagens visualizadas são de 2022.

Resultados e discussão

Fator erosividade (R)

As taxas de erosividade variaram entre 11.361,13 e 13.001,08 Mj.mm/ha.h.ano. De acordo com Carvalho (2008), a partir de 9.810 Mj.mm/ha.h.ano, o Fator R pode ser classificado como "muito forte". Nesse sentido, considerando a classificação proposta pelo autor, pode-se afirmar que toda a área estudada possui um potencial muito forte para ocorrência de erosividade provocada pela chuva.

A área com maior potencial se localiza na região nordeste do PESD e do seu entorno, contemplando, principalmente, a cidade de Goiás. O quantitativo de erosividade reduz de forma decrescente do sentido nordeste e leste para oeste. As regiões com menores potencialidades, se concentram a oeste e sudoeste, no entorno dos municípios de Novo Goiás, Novo Brasil e Buriti de Goiás (Figura 2A).

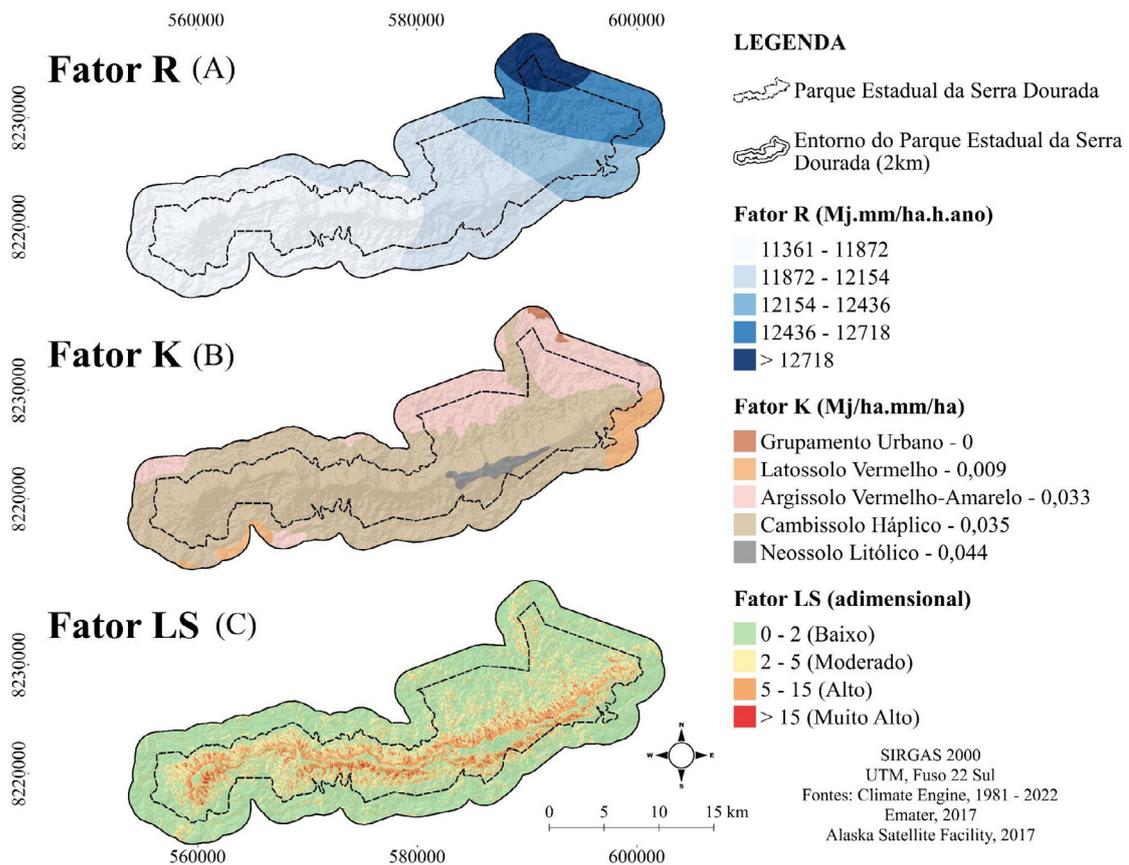


Figura 2: (A) Fator erosividade (R); (B) Fator erodibilidade (K); (C) Fator topográfico (LS).

Fonte: Autores, 2024. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse: <https://abre.ai/fatores-pesd>

Um mapeamento da precipitação pluviométrica média anual no Estado de Goiás realizado por Cardoso, Marcuzzo e Barros (2014) confirma que os índices de chuva são mais altos na região onde está localizada a cidade de Goiás e diminui conforme desloca para oeste do estado goiano. Isso ocorre pela variação da influência dos sistemas atmosféricos de transporte de umidade e formação de chuvas segundo a posição geográfica (NASCIMENTO; NOVAIS, 2020).

Fator erodibilidade (K)

Os valores definidos para as classificações de erodibilidade (fator K) dos solos variam entre 0 e 0,044 $\text{Mg h MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$. Segundo Mannigel *et al.* (2008), valores superiores a 0,0300 $\text{Mg h MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$, são considerados altos. Nesse sentido, devido à predominância de Cambissolos Hápticos, Argissolos Vermelho-Amarelo e Neossolos Litólicos, cerca de 94,68% da área do PESD e de seu entorno estão dentro da classe de alta erodibilidade. As demais áreas são classificadas como bai-

xa e muito baixa, sendo estas cobertas por Latossolos Vermelhos e Grupamentos Urbanos, respectivamente.

Com 71,74% da área total, o Cambissolo Háplico é predominante na área de estudo, exceto em pontos específicos das regiões norte, nordeste, noroeste, leste e sudoeste (Figura 2B). De acordo com Santos, Zaroni e Almeida (2021), esse tipo de solo, normalmente, é identificado em áreas fortes onduladas e montanhosas, apresentam pequena profundidade e estão relacionados com a ocorrência de rochas na massa do solo.

O Argissolo Vermelho-Amarelo representa 21,13% da área e se localiza nas regiões norte, nordeste e leste do parque e do seu entorno, se estendendo para as áreas a noroeste e sul-sudoeste das bordas, sendo característico de regiões de relevo acidentado e dissecado, podendo apresentar restrições relacionadas à fertilidade e suscetibilidade à erosão, conforme demonstra Santos, Zaroni e Almeida (2021) (Figura 2B).

Correspondendo a 4,88%, o Latossolo Vermelho pode ser encontrado nas porções lés-sudeste e sul-sudoeste do entorno do PESD, nas áreas de relevo plano e suavemente ondulado (Figura 2B). Essa condição relacionada com a alta profundidade e porosidade desse tipo de solo podem propiciar o desenvolvimento agrícola por facilitar a mecanização e o desenvolvimento radicular (SANTOS; ZARONI; ALMEIDA, 2021).

Por outro lado, o Neossolo Litólico representa 1,81% e está localizado nas partes mais elevadas do centro-leste do parque, sendo distribuído apenas dentro dos limites da UC (Figura 2B). Ele ocorre em relevos mais declivosos, com solos rasos e presença de afloramentos rochosos que dificultam o crescimento radicular da vegetação (SANTOS; ZARONI; ALMEIDA, 2021).

Fator topográfico (LS)

As áreas de alto fator topográfico, superior a cinco, representaram cerca de apenas 9% e estão localizadas no interior do PESD, mais precisamente na Serra Dourada e em suas adjacências, caracterizadas pelas elevadas amplitudes altimétricas que condicionam relevo mais íngreme e extenso. As demais regiões que apresentam fator topográfico considerados de baixo a moderado, ou seja, relevos considerados planos a suavemente ondulados, são mais representativos e estão distribuídos por toda área de estudo (Figura 2C). Botelho *et al.* (2018) ressalta que os efeitos do fator LS podem sofrer interferências a depender do tipo de

uso e cobertura da terra, confirmando que apenas florestas plantadas (silviculturas) ou nativas conseguem manter a perda de solo abaixo do limite tolerável em áreas com alto LS, tendo em vista que regiões com solo exposto e/ou uso antrópico inadequado apresentam altas taxas de erosão em contraste com áreas cobertas com florestas.

Fator uso e manejo do solo e práticas conservacionistas (CP) e avaliação do uso da terra

Ocorreu redução da classe de Floresta entre os anos de 1985 e 2003, sobretudo na região oeste do PESD e a noroeste do seu entorno (Figura 3). Mesmo com a criação do parque em 2003, foi possível identificar redução de 2,35% de formação florestal entre esse período e o ano de 2022. A respeito das formações naturais não florestais, verificou-se redução de 8,33% entre 1985 e 2003, mas ocorreu um aumento de 7,16% após a implementação do parque (Tabela 3). Essa diferença pode ser observada, principalmente, na região da Serra Dourada (Figura 3).

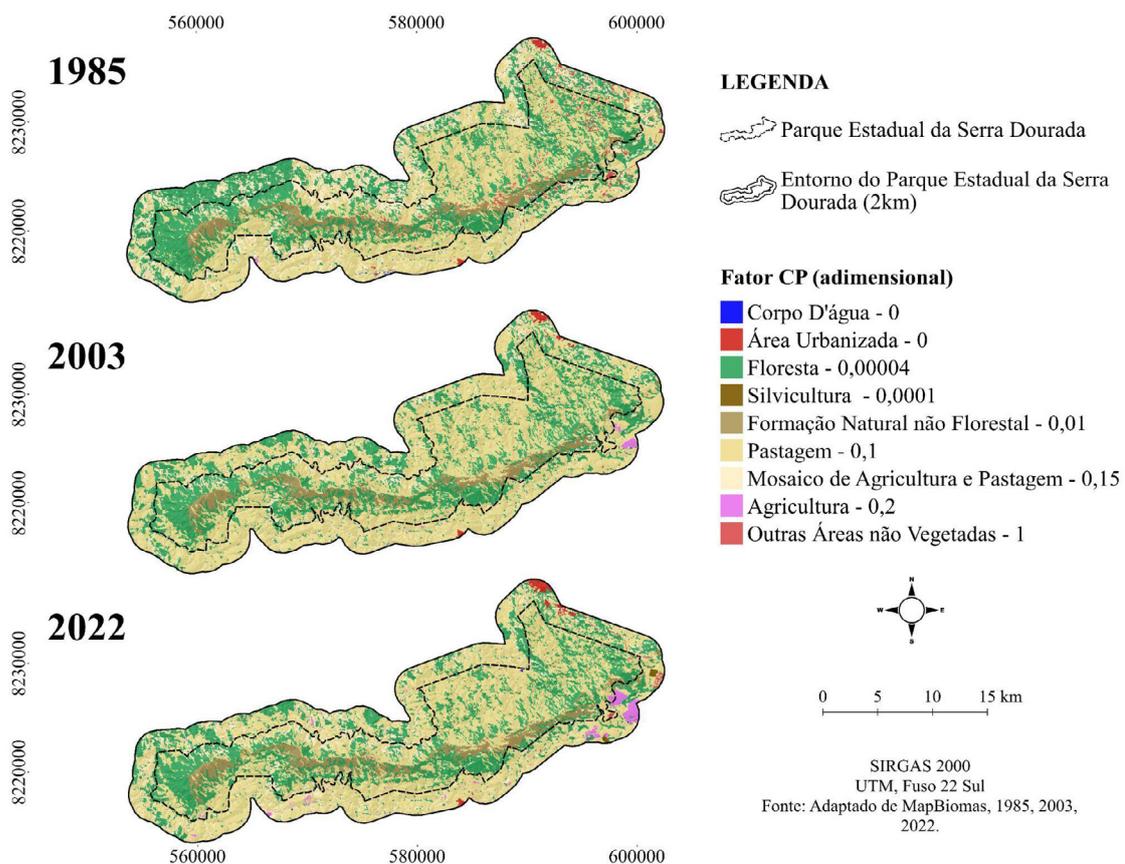


Figura 3: Fator de uso e manejo do solo e práticas conservacionistas (CP) nos anos de 1985, 2003 e 2022.

Fonte: Autores, 2024. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse: <https://abre.ai/cp-pesd>

Referente às áreas que sofreram intervenções antrópicas, cabe destacar as pastagens, as quais representaram a conversão de uso mais expressiva. As áreas cobertas com pastagens expandiram 30,95% entre 1985 e 2003, enquanto reduziram cerca de 5,43% no período 2003-2022. Embora as áreas utilizadas para pecuária tenham diminuído após 2003, os mosaicos de agricultura e pastagem apresentaram uma expansão de 28,07% no ano mais recente (Tabela 3). Esses mosaicos correspondem às áreas de uso agropecuário, as quais não foram possíveis estabelecer a distinção exata entre pastagem e agricultura (SOUZA *et al.*, 2020). O aumento na identificação de corpos d'água pode estar vinculado a essas atividades, considerando a intensificação da construção de barramentos hídricos verificados nas imagens de satélite recentes em consonância com que pequenas barragens de terra são construídas, geralmente, com a finalidade de irrigação agrícola ou dessedentação animal (TEIXEIRA; GOMES, 2017) (Figura 3).

Tabela 3: Dinâmica da distribuição das classes de uso e cobertura da terra nos anos de 1985, 2003 e 2022, relacionadas com os valores de CP da literatura.

Classes de Uso e Cobertura da Terra	Fator CP	Área (km ²)			Mudança Relativa 1985-2003	Mudança Relativa 2003-2022
		1985	2003	2022		
Agricultura	0,2	0,14	1,3	6,04	828,57%	364,62%
Área Urbanizada	0	1,21	1,86	2,82	53,72%	51,61%
Corpo D'água	0	0,13	0,08	0,25	-38,46%	212,50%
Floresta	0,00004	185,64	162,85	159,03	-12,28%	-2,35%
Formação Natural não Florestal	0,01	29,41	26,96	28,89	-8,33%	7,16%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	0,15	84,51	39,22	50,23	-53,59%	28,07%
Outras Áreas não Vegetadas	1	7,67	0,21	1,94	-97,26%	823,81%
Pastagem	0,1	246,14	322,31	304,81	30,95%	-5,43%
Silvicultura	0,0001	0	0,06	0,84	-	1300%

Ademais, cabe ressaltar o aumento de 4.214% das áreas agrícolas ao longo dos anos (1985-2022). Observa-se que os cultivos ultrapassaram os limites da UC no entorno da região lés-sudeste após a publicação do decreto de criação do PESD (Figura 3). Assim como as áreas de agricultura, as outras áreas não vegetadas se estenderam consideravel-

mente no último ano estudado, acumulando um aumento de 823,81% quando comparado com 2003. Entre 1985 e 2003, essas áreas com solos expostos haviam reduzido cerca de 97,26% (Tabela 3). Em 1985, as áreas descobertas se localizavam, em sua maioria, na área que hoje é delimitada como Parque Estadual. Em 2022, essas porções se concentram, principalmente, no entorno (Figura 3).

As florestas plantadas (silviculturas) foram ampliadas em 2022, com diferença de 1300% em relação a 2003 (Tabela 3). As silviculturas não foram identificadas em 1985, e, atualmente, se restringem ao entorno do parque, predominantemente nas regiões leste e lés-sudeste (Figura 3). Quanto às áreas urbanizadas, notou-se expansão gradativa ao passar dos anos, mas não adentraram nos limites da UC (Figura 3).

Vulnerabilidade à perda de solo

As estimativas de perdas de solo por erosão hídrica laminar no PESD e entorno são apresentadas na Figura 4 a partir de três cenários referentes ao uso e cobertura de 1985, 2003 e 2022. Considerando os limites do PESD, no cenário de 1985, ano em que se registrou maior cobertura por florestas naturais dentre os três cenários avaliados, observa-se que, naturalmente o PESD tende a ser mais propício à perda de solos. Tal comportamento se deve às características do relevo íngreme (alto fator LS) predominantes principalmente na Serra Dourada e em suas adjacências que, mesmo quando associado à floresta, ainda pode representar alta vulnerabilidade à perda de solos. E, nesse sentido, a incorporação e preservação das matas nessas regiões do relevo torna-se fundamental para sua melhor proteção.

A maior variação de perda de solo ao longo dos três cenários está localizada nas regiões caracterizadas por relevos mais suavizados, principalmente a noroeste da área de estudo, em que se observou a conversão de floresta para áreas de pastagem. Nas regiões Norte e Sul, a classificação de perda de solo se manteve como média em razão da cobertura por pastagem, que ocorre desde 1985, na qual associada ao baixo fator LS, favorecem as práticas agropecuárias.

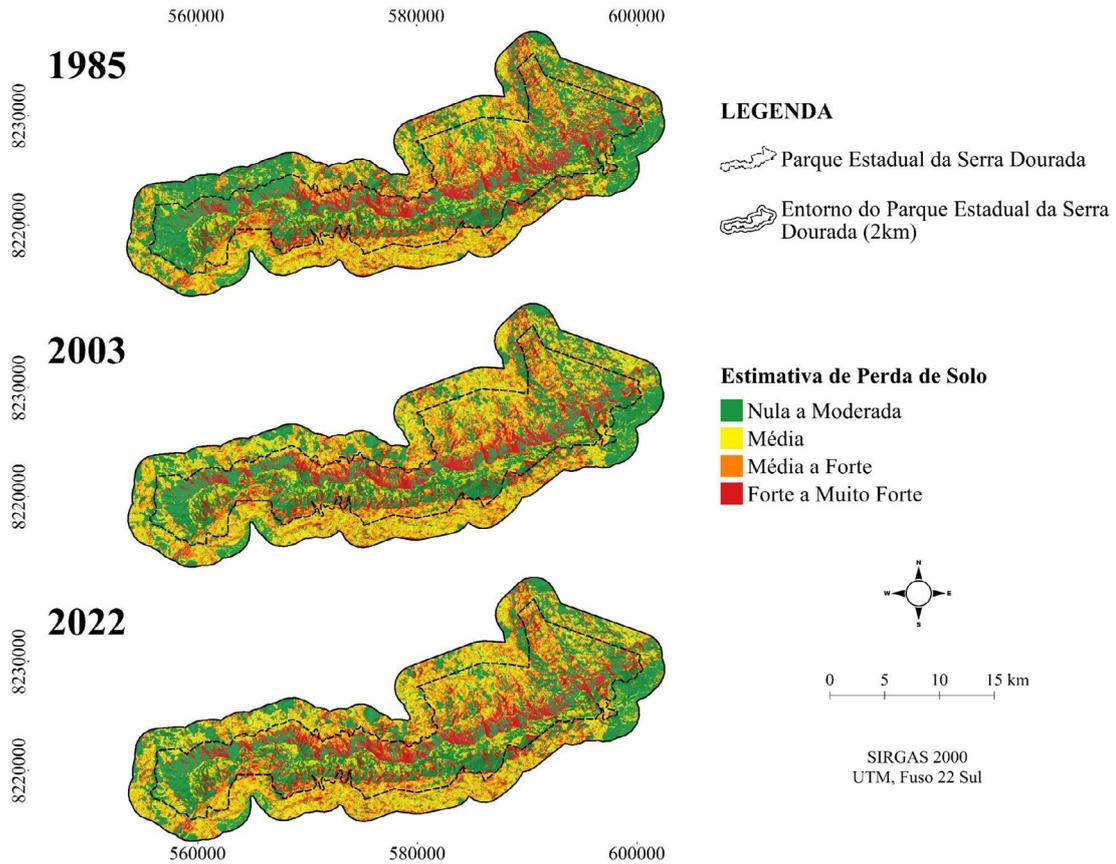


Figura 4: Estimativa de perda de solo nos anos de 1985, 2003 e 2022 do Parque Estadual da Serra Dourada e do seu entorno.

Fonte: Autores, 2024. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse: <https://abre.ai/eups-pesd>

Especificamente sobre o PESD, identificou-se que a classe de perda de solo definida como “Nula a Moderada” foi predominante em todos os anos avaliados. Isso ocorreu essencialmente devido ao Fator CP representado pela presença das Florestas, mesmo em alguns locais onde o Fator LS é condicionado por relevos mais íngremes. As demais classes, “Média”, “Média a Forte” e “Forte a Muito Forte”, individualmente possuem menor proporção e obtiveram pouca variação em sua proporção em termos de área em km² (Tabela 4). No entanto, quando se analisa as classes Média a Forte e Forte a Muito Forte de forma conjunta, nota-se alto potencial de perda de solo devido estarem ocupadas principalmente por pastagem nos terços inferiores de vertentes bastantes íngremes da Serra Dourada.

Tabela 4: Dinâmica da estimativa de perda de solo do Parque Estadual da Serra Dourada nos anos de 1985, 2003 e 2022.

Classes de perda de solo	Área (km ²)			Mudança Relativa 1985-2003	Mudança Relativa 2003-2022
	1985	2003	2022		
Nula a Moderada	125,36	119,68	118,09	-4,53%	-1,33%
Média	53,83	60,81	60,55	12,97%	-0,43%
Média a Forte	50,55	53,85	53,88	6,53%	0,05%
Forte a Muito Forte	56,69	52,1	53,91	-8,10%	3,48%

Ao avaliar as dinâmicas de conversão de uso na classe Nula a Moderada, observou-se redução de 4,53% no período 1985-2003 associado principalmente à conversão de floresta e formação natural não florestal para pastagem, nas regiões oeste e noroeste do PESD. Após a implementação do PESD, no intervalo 2003-2022, também se evidenciou redução, mas, em valor menor que no período anterior, isto é, -1,33%, relacionado sobretudo à remoção de vegetações nativas e formações naturais para utilização como pastagem e agricultura (Figura 5). O mapa disposto na figura 5 demonstra ainda que ocorreu diminuição da classe “Nula a Moderada” em decorrência da alteração de pastagem para agricultura e solo exposto (outras áreas não vegetadas) na região leste do parque. Em contrapartida, existem áreas que antes eram intervenionadas por atividades antrópicas e passaram a contemplar vegetação nativa, sendo estas classificadas com baixa vulnerabilidade à erosão em 2022 (Figura 5). Dessa forma, considerando que houve uma contenção na diminuição das áreas menos suscetíveis, percebe-se que a criação do parque trouxe certa preservação mesmo não sendo suficiente para impedir os avanços agropecuários sobre as áreas protegidas.

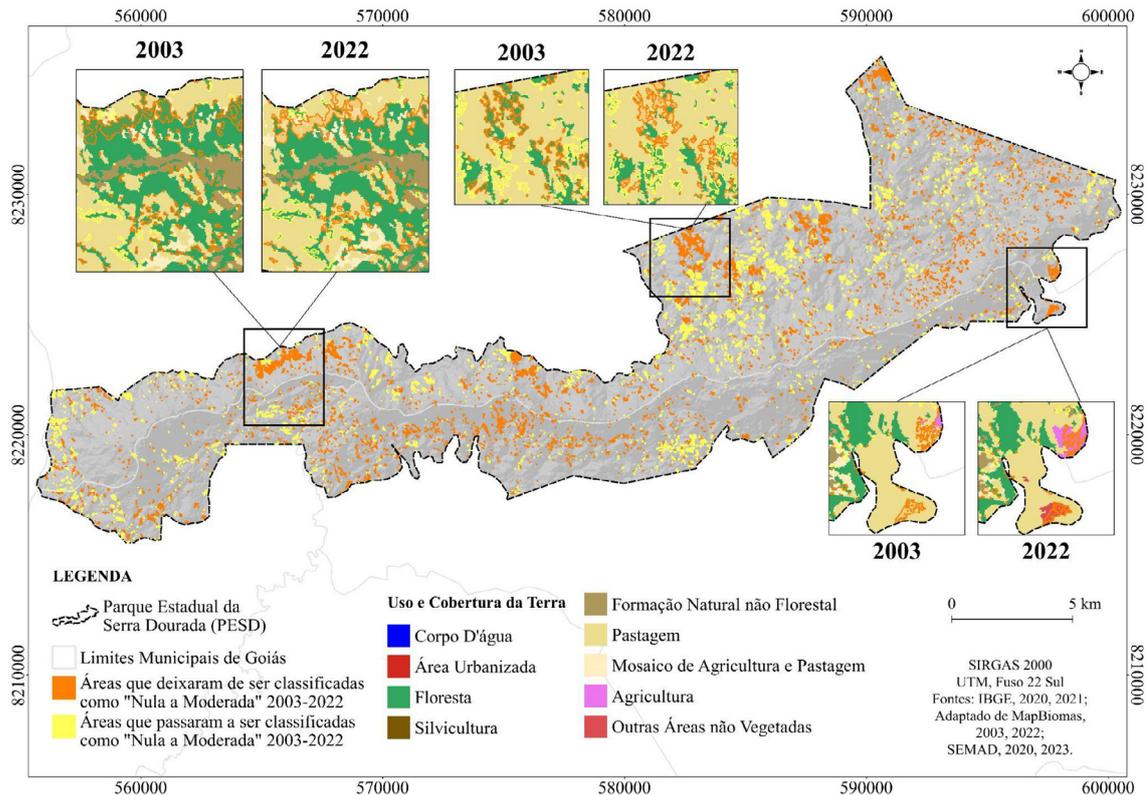


Figura 5: Dinâmica da Classe de Perda de Solo "Nula a Moderada" no PESD (2003-2022).

Fonte: Autores, 2024. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse: <https://abre.ai/pesd-nula-moderada>

As classes "Média" e "Média a Forte" apresentaram aumentos consideráveis entre 1985 e 2003, sendo uma variação de 12,97% e 6,53%, respectivamente, associados à utilização e conversão de floresta e formação natural para atividades de pecuária. No entanto, no período 2003-2022, as duas classes se mostraram estáveis, reduzindo 0,43% de área considerada "Média" e ampliando 0,05% das regiões indicadas com estimativa de "Média a Forte" para perda de solo. As alterações ocorreram nas porções oeste, nordeste, leste e nor-nordeste do parque e estão relacionadas principalmente à conversão de formas naturais não florestais em mosaicos de usos e pastagens, e, ao mesmo tempo, áreas de pastagens em coberturas de formações naturais. Isso justifica a estabilização das classes nos últimos anos e demonstra que a implementação do PESD estabeleceu o equilíbrio dos usos em algumas regiões do território.

Analisando a dinâmica da classe Forte a Muito Forte, constatou-se decréscimo de 8,10% no período 1985-2003 associado com a diminuição das áreas de solo exposto (Outras Áreas não Vegetadas) convertidas

em pastagens, florestas e formações naturais não florestais na região da Serra Dourada. Entretanto, as áreas de maior vulnerabilidade à erosão aumentaram após a criação do parque, acumulando um ganho de 3,48% entre 2003 e 2022. Esse aumento está relacionado, principalmente, com a conversão de vegetação nativa e formações naturais em atividades agropecuárias (Figura 6). Em áreas com maiores taxas do fator topográfico (LS), notou-se que a alteração de pastagem para mosaico de usos e solo exposto também foi determinante para classificar regiões como “Forte a Muito Forte”. As áreas que passaram a ser mais suscetíveis à erosão após a implementação da UC se encontram nas mesmas regiões que deixaram de ser classificadas como “Nula a Moderada” em 2022, como no entorno das porções leste, nordeste, noroeste, nor-noroeste e sudoeste, por exemplo (Figuras 5 e 6). Com isso, percebe-se que há maior pressão antrópica sobre áreas específicas do PESD e que a publicação do decreto de criação da UC pôde ter conseguido frear os avanços antrópicos, mas não foi suficiente para erradicar as intervenções.

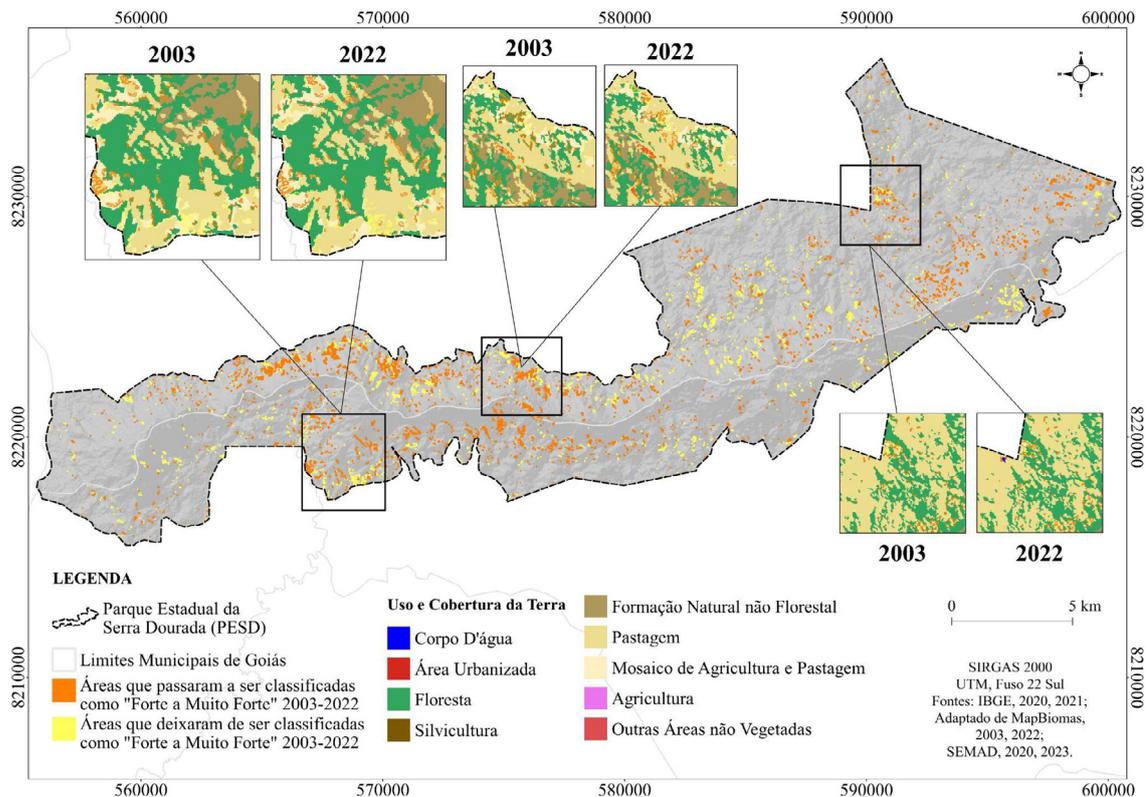


Figura 6: Dinâmica da Classe de Perda de Solo “Forte a Muito Forte” no PESD (2003-2022).

Fonte: Autores, 2024. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse: <https://abre.ai/dinamica-forte-pesd>

No entorno, a quantificação e a dinâmica da estimativa de perda de solo ocorreram de forma similar à área do PESD. No entanto, a classe “nula a moderada” possuiu a maior cobertura territorial apenas em 1985. Em 2003 e 2002, as áreas com menor vulnerabilidade deixaram de corresponder à maioria. Com o aumento significativo de 20,53% entre 1985 e 2003, as porções classificadas como “média” passaram a compor a maior parte das bordas até 2022. As extensões denominadas como “média e forte” tiveram um aumento progressivo, expandindo 4,71% entre 1985 e 2003, e 2,42% entre 2003 e 2022 (Tabela 5). As áreas mais propícias à erosão, identificadas como “forte a muito forte”, foram reduzidas entre 1985 e 2003. Entretanto, estas foram ampliadas em 13,22% entre 2003 e 2022 sobretudo pelo avanço das atividades de pecuária e agricultura, e pela remoção da cobertura natural para outras áreas não vegetadas (solos expostos) (Tabela 5).

Tabela 5: Dinâmica da estimativa de perda de solo do entorno do Parque Estadual da Serra Dourada nos anos de 1985, 2003 e 2022.

Classes de perda de solo	Área (km ²)			Mudança Relativa 1985-2003	Mudança Relativa 2003-2022
	1985	2003	2022		
Nula a Moderada	104,8	91,07	89,23	-13,10%	-2,02%
Média	83,69	100,87	99,37	20,53%	-1,49%
Média a Forte	56,92	59,6	61,04	4,71%	2,42%
Forte a Muito Forte	20,38	14,3	16,19	-29,83%	13,22%

Considerando as dinâmicas das classes de estimativa de perda de solo do PESD e do seu entorno, contata-se que as bordas têm sofrido maior pressão quando comparadas às áreas da UC tendo em vista que os índices e porcentagens de perda de solo são mais expressivos no entorno que no parque. Contudo, não se pode desconsiderar o aumento das intervenções antrópicas sobre o território protegido mesmo após a publicação do decreto de criação.

Identificação dos processos erosivos

Os processos erosivos identificados no PESD e em seu entorno foram apresentados no mapa da figura 7, o qual contempla pontos relacionados à erosões hídricas laminares e lineares. De acordo com

Salomão (2015), os tipos de degradação são diferenciados com base na forma como ocorre o escoamento superficial nas vertentes. A laminar é causada pelo escoamento difuso da água da chuva, responsável pela remoção da camada superficial do solo. Enquanto a linear ocorre a partir do fluxo de água que fica concentrado e causa incisões na superfície do terreno, formando sulcos e ravinas que podem chegar ao estágio de voçorocas (DUMMER, 2014; SALOMÃO, 2015).

Na área estudada foram identificados 294 pontos relacionados com processos erosivos, dos quais 121 estão apenas na área do PESD e 26 apresentaram erosões críticas. As ocorrências de perda de solo estão distribuídas por toda a área investigada e sobrepondo com inúmeras áreas de preservação permanente (APPs) por conta da ampla presença de cursos hídricos (Figura 7).

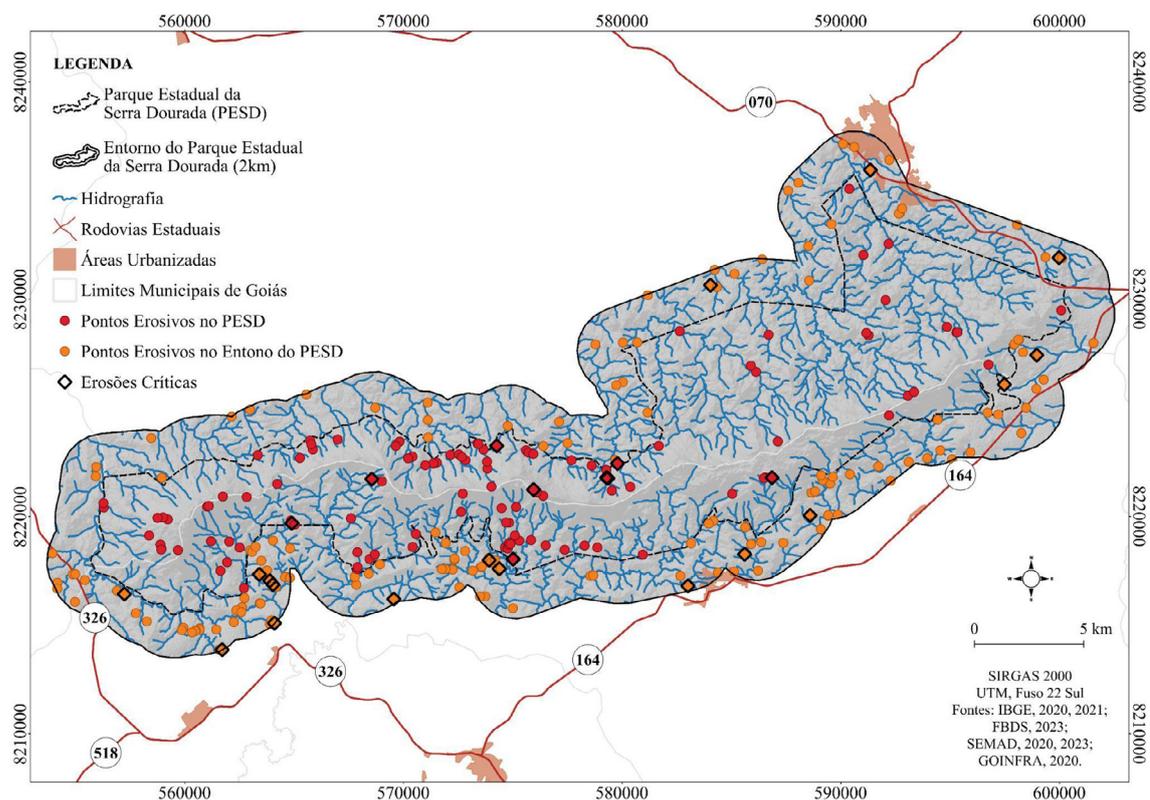


Figura 7: Identificação de pontos de processos erosivos no Parque Estadual da Serra Dourada e no seu entorno.

Fonte: Autores, 2024. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse: <https://abre.ai/erosoes-pesd>

As coordenadas dos pontos considerados críticos de erosão, ou seja, aqueles que apresentaram processos erosivos lineares de extensão superior a 20 metros, foram tabulados na tabela 6. Estes se con-

centram prioritariamente no entorno do PESD, mas foram identificadas ocorrências críticas dentro da UC nos pontos 1, 8, 9, 10, 12, 23, 24, 25 e 26. Das 26 erosões relevantes, apenas duas se localizaram na classe de perda de solo “Nula a Moderada”, indicando que a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) e os dados utilizados nela foram satisfatórios para auxiliar na identificação de erosões lineares (Tabela 6).

Tabela 6: Pontos críticos de erosão identificados no Parque Estadual da Serra Dourada e no seu entorno.

Pontos de Erosões Críticas	Coordenadas UTM (22 Sul)		Classe de Perda de Solo
	Norte (m)	Este (m)	
1	575010.35	8218039.50	Média a Forte
2	591348.24	8235943.46	Forte a Muito Forte
3	574378.10	8217595.83	Média a Forte
4	564099.13	8215092.52	Nula a Moderada
5	564026.24	8216870.38	Média a Forte
6	563407.11	8217337.64	Média a Forte
7	598957.09	8227425.59	Nula a Moderada
8	579786.77	8222436.10	Forte a Muito Forte
9	579298.08	8221781.93	Forte a Muito Forte
10	579346.29	8221759.21	Forte a Muito Forte
11	573913.83	8217991.23	Média a Forte
12	564886.02	8219688.69	Forte a Muito Forte
13	563882.87	8217046.26	Média
14	561705.54	8213871.04	Média a Forte
15	557234.32	8216431.68	Média
16	584036.00	8230642.87	Média
17	600035.71	8231902.37	Média a Forte
18	597477.19	8226072.11	Média a Forte
19	588592.05	8220050.94	Média
20	585599.46	8218263.74	Média
21	583007.06	8216807.60	Média
22	569555.79	8216198.90	Média

23	568565.99	8221695.18	Média a Forte
24	574262.78	8223250.23	Forte a Muito Forte
25	575945.89	8221237.11	Média
26	586852.26	8221787.88	Média a Forte

Na figura 8 está expressa uma das áreas selecionadas como críticas, localizada a sudoeste do PESD e correspondente ao ponto 12 da tabela 6. Associando a região identificada com a estimativa de perda de solo gerada para o ano de 2022, percebe-se que a maior parte da porção foi estimada como “Forte a Muito Forte” em relação à vulnerabilidade à perda de solo. Os fatores K, CP e LS foram decisivos para essa classificação, visto que além de o uso e a cobertura da terra corresponderem a pastagem, a área dispõe de Cambissolos e fator topográfico alto. Ademais, observou-se a presença de animais bovinos na região, o que pode ter contribuído para a ocorrência da degradação, uma vez que Antonio Silva *et al.* (2020) afirma que a atividade de pecuária bovina potencializa erosões, sobretudo, em regiões que não possuem cobertura vegetal. A área indicada ainda demonstra degradação em áreas de preservação permanente (APPs), as quais deveriam estar protegidas em faixa marginal de, no mínimo, 30 metros, conforme estabelece a Lei nº 18.104/2013 (GOIÁS, 2013). Ressalta-se que há agravantes em ocorrências de erosões em APPs, tendo em vista que além de interferirem na qualidade do solo, essas intervenções podem potencializar a contaminação e o assoreamento dos rios (GUERRA; JORGE, 2013).

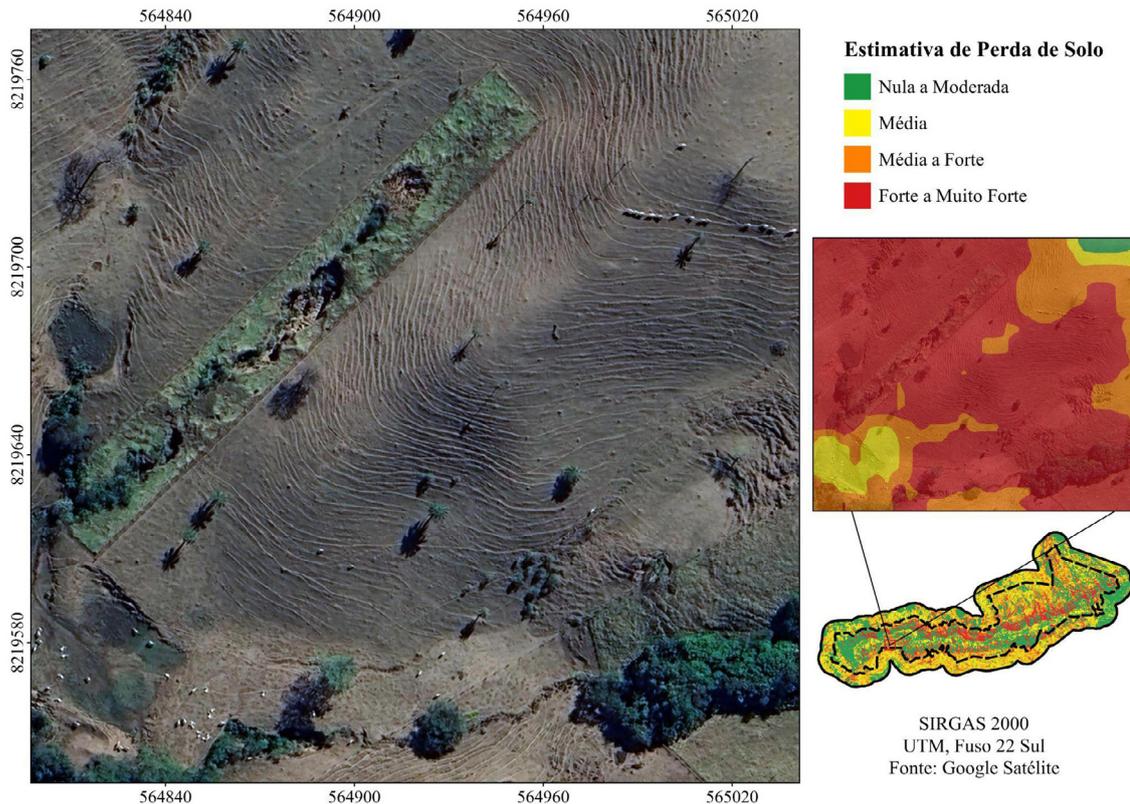


Figura 8: Área com processo erosivo dentro do Parque Estadual da Serra Dourada.

Fonte: Autores, 2024. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse: <https://abre.ai/erosao-pesd>

O aumento das áreas vulneráveis à erosão expressa as consequências da supressão da vegetação nativa e do manejo inadequado do solo, que podem ser evidenciadas na figura 9, visto que a imagem de satélite demonstra a ocorrência de perda de solo devido à retirada da vegetação. Momoli *et al.* (2021) destaca que feições erosivas são identificadas com facilidade nas regiões do PESD que não possuem cobertura de vegetação nativa, tendo em vista que a considerável friabilidade do solo torna a área dependente da cobertura vegetal natural para manter o equilíbrio dinâmico. No caso da figura 9, essa área se localiza a nordeste do entorno do parque, na mesma região onde foi identificada a maior potencialidade de erosividade provocada pela chuva. Nesse sentido, entende-se que a fragilidade do solo exposto em consonância às altas taxas do fator R foram importantes para que essa porção fosse classificada como “Forte a Muito Forte” e para que ocorresse a degradação. O processo erosivo foi considerado crítico e as suas coordenadas estão apresentadas no ponto 2 da tabela 6.

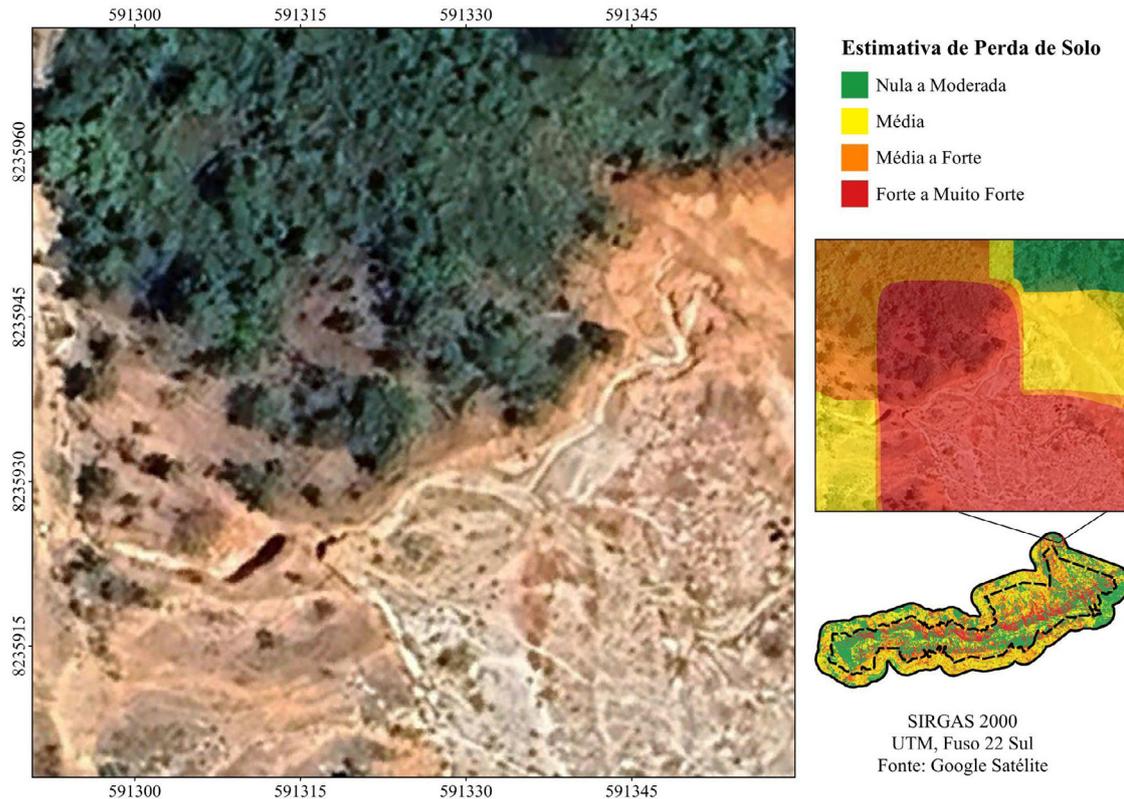


Figura 9: Área com processo erosivo no entorno do Parque Estadual da Serra Dourada.

Fonte: Autores, 2024. Obs.: para visualizar com maior detalhe, acesse: <https://abre.ai/erosao-entorno-pesd>

Considerações finais

A identificação de áreas de vulnerabilidade à perda de solos no Parque Estadual da Serra Dourada (PESD) e no seu entorno, a partir da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), para os anos de 1985, 2003 e 2022, possibilita a verificação da dinâmica da estimativa de perda de solo sob a influência das ações antrópicas antes e depois da criação da Unidade de Conservação (UC). Além disso, viabiliza a indicação de ocorrência de processos erosivos iniciais e críticos, por meio da visualização de imagens de satélite disponíveis no *software* para Sistemas de Informações Geográficas, QGIS.

Na metodologia da EUPS, a ausência de dados em escala de maior detalhamento, como o de solos, pode ter proporcionado limitações no mapeamento final. Mas, não o inviabiliza. Ressalta-se por exemplo que, apesar dos dados de uso da terra da coleção 8 do MapBiomas não se-

rem tão detalhados para o recorte espacial adotado neste trabalho, são suficientes para elaborar a EUPS e auxiliar na identificação de pontos críticos de erosão. Dessa forma, a metodologia aplicada em consonância com as técnicas e os dados utilizados se mostram satisfatórios na indicação de áreas de vulnerabilidade à perda de solos na área de estudo.

A análise demonstra também que a área do PESD e de seu entorno dispõem de inúmeras fragilidades ambientais, sobretudo devido ao predomínio de tipos de solos e topografias que contribuem com a ocorrência de perda de solos. Além do mais, o estudo explicita que a remoção da cobertura vegetal para a implantação de atividades agropecuárias com o manejo inadequado do solo pode intensificar os processos erosivos.

Na relação da mudança no uso e cobertura da terra com as áreas de vulnerabilidade à perda de solo, percebe-se que a criação da UC não foi suficiente para garantir a conservação da área protegida, tendo em vista que houve diminuição da cobertura com vegetação natural e aumento das intervenções humanas, sendo constatado, inclusive, o avanço de atividades agrícolas sobre a área do parque após 2003. Além disso, enquanto a classe de perda de solo “Nula a Moderada” apresentou uma redução ao longo dos anos, a classe identificada como “Forte a Muito” foi ampliada tanto no PESD quanto no seu entorno de dois quilômetros.

No entanto, mesmo não garantindo a conservação na sua totalidade e erradicando as intervenções, é notável que a criação da UC conseguiu conter, em partes, o avanço da antropização sobre as áreas protegidas, uma vez que os aumentos dos percentuais entre 2003 e 2022 são inferiores às expansões antrópicas identificadas entre 1985 e 2003.

Portanto, recomenda-se que a elaboração do Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra Dourada seja efetivada o quanto antes, visando estabelecer zoneamentos e normas para nortear o uso dentro da Unidade de Conservação. Destaca-se a importância de considerar a indicação dessas áreas de vulnerabilidade ambiental para definir planejamentos e ações referentes ao manejo do uso da terra na região. Ademais, sugere-se que as áreas de preservação permanente (APPs) e nascentes sejam vistoriadas e recuperadas, com o intuito de cumprir com a função ambiental e social de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, conforme expressa a Política Florestal do Estado de Goiás, instituída pela Lei nº 18.104, de 18 de julho de 2013.

Referências

ALMEIDA, Fabiana Pureza de. *Histórico de Criação das Categorias de Unidades de Conservação no Brasil*. 2014. 217 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável, Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Nazaré Paulista, 2014.

ARAÚJO, Gleidiane Rodrigues Rocha; CARNEIRO, Vandervilson Alves; SANTOS, Jean Carlos Vieira. Parque Estadual da Serra Dourada (Estado de Goiás): Um Laboratório a Céu Aberto para Estudos de Geodiversidade. *Revista Terceiro Incluído*, Goiânia, v. 11, n. 1, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/teri/article/view/68588>. Acesso em: 20 maio 2023.

BARBOSA, Marciana Alves. *O ECOTURISMO E A SUSTENTABILIDADE - PARQUE ESTADUAL DA SERRA DOURADA GO (PESD)*. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, GOIÂNIA, 2009.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. *Conservação do solo*. 7 ed. São Paulo: Ícone, 2010. 355 p.

BOTELHO, Thiago H. A.; JÁCOMO, Simone de A.; ALMEIDA, Rherison T. S.; GRIEBELER, Nori P.. USE OF USLE/ GIS TECHNOLOGY FOR IDENTIFYING CRITERIA FOR MONITORING SOIL EROSION LOSSES IN AGRICULTURAL AREAS. *Engenharia Agrícola*, [S.L.], v. 38, n. 1, p. 13-21, jan. 2018. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v38n1p13-21/2018>. Acesso em: 28 dez. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: *Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas: Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2011. 76 p.

BRILHA, J.; SÁ, A. O solo – pele da Terra. *Prospecto relativo a um tema-chave do Ano Internacional do Planeta Terra 2007-2009, Planeta Terra Ciências da Terra para a sociedade*, 2007.

CARDOSO, Murilo Raphael Dias; MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha; BARROS, Juliana Ramalho. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. *Acta Geográfica*, Boa Vista, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/15047>. Acesso em: 28 dez. 2023.

CARVALHO, Newton de Oliveira. 2008. *Hidrossedimentologia Prática*. Rio de Janeiro: CPRM - Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, 600 p.

CASSETI, Valter. *Geomorfologia*. 2005. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~santos/Geomorfologia_Geologia/Geomorfologia_ValterCasseti.pdf. Acesso em: 07 de nov. de 2023.

CLIMATE ENGINE. Desert Research Institute and University of Idaho. *Climate Engine*. 2023. Disponível em: <http://climateengine.org>. Acesso em: 20 maio 2023.

DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 51, n. 5, p.427-433, 1996.

DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. A.; OLIVEIRA, D. An assessment of Brazilian

conservation units – a second look. *Novos Cadernos NAEA*, v. 15, n. 1, p. 53-83, jun. 2012.

DUMMER, Juliana. *ANÁLISE DOS CONDICIONANTES DO MEIO E DOS USOS AGRÍCOLAS NA OCORRÊNCIA DE EROÇÃO LINEAR NO MUNICÍPIO DE CHUVISCA, RS*. 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/111845/000953315.pdf?sequence=1>. Acesso em: 28 dez. 2023.

FABRÍCIO, Lorrane Vicente; ALMEIDA, Rherison Tyrone Silva. AVALIAÇÃO DE PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO FORMOSO, PARAÚNA-GO. *Sociedade e Território*, [S. l.], v. 34, n. 3, p. 7-32, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/29458>. Acesso em: 25 mai. 2023.

FERNANDES, Sandra do Carmo; CARNEIRO, Vandervilson Alves; OLIVEIRA, André Luiz Ribas de. As erosões lineares no entorno do Distrito Agroindustrial de Anápolis (GO): estudo e apontamentos iniciais. *Revista Territorial*, v.8, n.1, p.101-120, 2019.

GOIÁS (Estado). *Decreto N° 5.768, de 05 de junho de 2003*. Cria o Parque Estadual da Serra Dourada e dá outras providências. Goiânia, 2003.

GOIÁS (Estado). *Lei N° 18.104, de 18 de julho de 2013*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, institui a nova Política Florestal do Estado de Goiás e dá outras providências. Goiânia, 2013.

GOIÁS (Estado). *Lei N° 14.247 de 29 de julho de 2002*. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação – SEUC e dá outras providências. Goiânia, 2002.

GOIÁS (Estado). *Lei N° 20.694, de 26 de dezembro de 2019*. Dispõe sobre normas gerais para o Licenciamento Ambiental do Estado de Goiás e dá outras providências. Goiânia, 2019.

GUERRA, Antônio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira. *Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas*. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 192p.

LIMA, César Gustavo da Rocha; CARVALHO, Morel de Passos e; SOUZA, Adriano; COSTA, Nídia Raquel; MONTANARI, Rafael. Influência de atributos químicos na erodibilidade e tolerância de perda de solo na bacia hidrográfica do baixo São José dos Dourados. *Revista Geociências*, v. 35, n. 1, p. 63-76, 2016.

LIMA, Fernanda Rodrigues de. *Parque Estadual da Serra Dourada: uma opção para o ecoturismo, seu cenário atual e perspectivas futuras*. 2004. 168 f. Monografia (Especialização em Ecoturismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

MANNIGEL, Anny Rosi; CARVALHO, Morel de Passos e; MORETI, Dolorice; MEDEIROS, Luciano da Rosa. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 24, p. 1335-1340, 30 abr. 2008.

MARQUES, J. J. G. S. M.; ALVARENGA, R. C.; CURI, N.; SANTANA, D. P.; SILVA, M. L. N. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados: primeira aproximação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Vol.21, p.427-434, 1997.

MENDONÇA, Diego Pinto de; SANTOS, Jean Carlos Vieira; CARNEIRO, Vandervilson Alves. Relato de Experiência Sobre a Geodiversidade no Parque Estadual da Serra Dourada. *Revista Mirante*, Anápolis (Go), v. 13, n. 2, p. 22-36, 2020. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/mirante/article/view/10708>. Acesso em: 07 nov. 2023.

MOMOLI, Renata Santos; CORRECHEL, Vladia; FARIA, Karla Maria Silva de; PINTO, Aline Bentes; MOTA, Jéssica Castro. CONSERVAÇÃO DOS SOLOS E ECOTURISMO NO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DOURADA, GOIÁS. *Geografia*, [S.L.], v. 46, n. 1, p. 1-21, ago. 2021. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/15663>. Acesso em: 15 nov. 2023.

MORAIS, L. F. B.; Silva, V.; NASCHENVENG, T. M. C.; HARDOIN, P. C.; ALMEIDA, J. E. L.; WEBER, O. L. S.; BOEL, E.; DURIGON, V. 1991. Índice EI30 de chuva e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, v. 15, pp.339-344.

MYERS, Norman; MITTERMEIER, Russell A.; MITTERMEIER, Cristina G.; FONSECA, Gustavo A. B. da; KENT, Jennifer. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, [S.L.], v. 403, n. 6772, p. 853-858, fev. 2000. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/35002501>.

NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira; NOVAIS, Giuliano Tostes. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas. *Élisée - Revista de Geografia da UEG*, v. 9, n. 2, p. e922021, 8 set. 2020.

PENA, D. S. *Influência da expansão agrícola sobre a perda de solo no estado de Goiás*. 2020. 144 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

PINTO FILHO, Ricardo de Faria. *Inventário e avaliação da geodiversidade no município de Goiás e Parque Estadual da Serra Dourada*. 2014. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

PRUSKI, Fernando Falco. *Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*. 2. ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFRV, 2009. 279 p.

REINING, L. *Erosion in Andean hillside farming: characterization and reduction of soil erosion by water in small scale cassava cropping systems in the southern central cordillera of Colombia*. 1 ed. Margraf: Hohenhein tropical agricultural series, 1992.

RETZLAF, Jully Gabriela. *Análise de processos erosivos em Parques Estaduais dos Campos Gerais-PR*. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

RIZZO, José Ângelo. *Contribuição ao Conhecimento da Flora de Goiás: Área na Serra Dourada*. Tese (Doutorado) - Curso de Botânica, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1970, 91p.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e Prevenção de Processos Erosivos. In: GUERRA, A. J, T; SILVA, A.S; BOTELHO, R. G. M. (Org). *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações*. 10ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 229-268, 2015.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos; ZARONI, Maria José; ALMEIDA, Eliane de Paula Clemente. *Solos Tropicais*. Cambissolos Háplicos; Argissolos Vermelho-Amarelos; Latossolos Vermelhos; Neossolos Litólicos. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs>. Acesso em: 03 nov. 2023.

SEGEDI, Gabriella Corrêa. *Estimativa de erosão pela equação universal de perda do solo (USLE) para a bacia de São Marcos*. 2019. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geoprocessamento Ambiental) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

SEMAD. *Parque Estadual da Serra Dourada (PESD)*. 2021. Disponível em: <https://www.meioambiente.go.gov.br/aceso-a-informacao/118-meio-ambiente/unidades-de-conserva%C3%A7%C3%A3o/1102-parque-estadual-da-serra-dourada-pesd.html>. Acesso em: 08 de novembro de 2023.

SILVA, Ana Clara Alves e; RIBEIRO, Hugo José; SANTOS, Gustavo Rodrigues dos; KOPP, Kátia Alcione. A. Análise Temporal da Suscetibilidade do Entorno do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros - Goiás. *Geoambiente On-line*, Goiânia, n. 37, p. 261-281, 2020. DOI: 10.5216/revgeoamb.vi37.64070. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/64070>. Acesso em: 16 jun. 2023.

SILVA, Alexandre Marco da. Rainfall erosivity map for Brazil. *Catena*, [S.L.], v. 57, n. 3, p. 251-259, ago. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2003.11.006>.

SILVA, A. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI JUNIOR, C.; FERREIRA, M.M. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.33, p.1811-1820, 2009.

SILVA, Antonio Soares da; COSTA, Gabriel Campos Pereira da; TÁVORA, Gabriel Spínola Garcia; SELIGER, Roman. INFLUÊNCIA DO PISOTEIO DO GADO NA ALTERAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE HORIZONTES SUPERFICIAIS EM SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA. *Geo UERJ*, [S. l.], n. 35, 2020. DOI: 10.12957/geouerj.2019.46650. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/46650>. Acesso em: 5 nov. 2023.

SILVA, Fernando das Graças Braga da; MINOTTI, Ricardo Tezini; LOMBARDI NETO, Francisco; PRIMAVESI, Odo; CRESTANA, Silvio. 2010. *Previsão da perda de solo na Fazenda Cachim-SP (Embrapa) utilizando o geoprocessamento e o USLE 2D*. Engenharia Sanitária e Ambiental, 15 (2): 141-148.

SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J. M. Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro em Goiânia (GO). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21, p. 131-137, 1997.

SIMÕES, Luiz Sérgio Amarante. *O Grupo Araxá na região de Mossâmedes-Goiás, e as ocorrências minerais associadas*. 1984. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, Brasília, 219 p.

SOUZA, Carlos et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine, *Remote Sensing*, 12, 17. 2020.

STEIN, D. P.; DONZELLI, P. L.; GIMENEZ, A. F. PONÇANO, W. L. LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico na Bacia do Peixe-Parapanema. *Anais do IV Simpósio Nacional de Controle de Erosão*. Marília, SP, 1987. P. 105-135.

STJ - Superior Tribunal de Justiça. *Linha do tempo: um breve resumo da evolução da legislação ambiental no Brasil*. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/noticias/linha-do-tempo-um-breve-resumo-da-evolucao-da-legislacao-ambiental-no-brasil/2219914>. Acesso em: 21 nov. 2023.

TARTARI, R.; CONSTANTINO, K. C. Estimativa da perda de solo na bacia hidrográfica do ribeirão do Prado, Altônia-PR. In: XIV SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, IX -002., 2018, Foz do Iguaçu. *Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, p. 1-9.

TEIXEIRA, Rafael Lemos; GOMES, Matheus de Oliveira. *Análise e desenvolvimento de projeto construtivo de uma pequena barragem de terra no Córrego da Cava - Morrinhos/GO, com foco na segurança*. 2017. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Aparecida de Goiânia, 2017.

UAF - University of Alaska Fairbanks. *ALOS PALSAR – Radiometric Terrain Correction*. 2023. Disponível em: https://asf.alaska.edu/data-sets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/#dem_information. Acesso em: 01 fev. 2024.

VIEIRA, Micaelle Juliano; CARNEIRO, Vandervilson Alves. TRABALHO DE CAMPO DA DISCIPLINA "TÓPICOS DE GEODIVERSIDADE" NA SERRA DOURADA (ESTADO DE GOIÁS): IMPRESSÕES E RELATO. *Revista Territorial*, Cidade de Goiás, v. 9, n. 1, p. 49-64, out. 2020. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/territorial/article/view/11041>. Acesso em: 21 nov. 2023.

VIEIRA, Pedro Alves; FERREIRA, Nilson Clementino; FERREIRA, Laerte Guimarães. Análise da vulnerabilidade natural da paisagem em relação aos diferentes níveis de ocupação da bacia hidrográfica do Rio Vermelho, Estado de Goiás. *Sociedade & Natureza*, [S. l.], v. 26, n. 2, 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/23783>. Acesso em: 20 maio 2023.

WISCHMEIER, Walter. H.; SMITH, Dwight David. *Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning*. Washington: Agriculture Handbook, n. 537, U.S. Department of Agriculture. 1978.

Danyella Ferreira Oliveira

Bacharela em Geografia pela Universidade Federal de Goiás.
Rua 259, 38, Cep: 74610-230, Goiânia-GO.
E-mail: danyellaferreiraoliveira@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-5886-6626>

Rherison Tyrone Silva Almeida

Bacharel em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás, mestre e doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás. Professor adjunto das áreas de recursos naturais, análise ambiental e geomática no Instituto de Estudos Socioambientais (IESA) da Universidade Federal de Goiás. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (Lapig), Universidade Federal de Goiás - Campus Samambaia, Almeida Palmeiras, s/n, Cep: 74001-970, Goiânia-GO.
E-mail: rherison_almeida@ufg.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9784-1927>

Recebido para publicação em março de 2024.
Aprovado para publicação em setembro de 2024.