

## **ESTRATÉGIA DE PLANEJAMENTO AGROSSILVIPASTORIL POR ABORDAGEM MULTICRITÉRIO HIERARQUIZADA**

Danielle Piuzana Mucida <sup>1</sup>  
Eric Bastos Gorgens <sup>2</sup>  
Marcelino Santos de Morais <sup>3</sup>  
Luciano Cavalcante de Jesus França <sup>4</sup>  
André Rodrigo Rech <sup>5</sup>

### **INTRODUÇÃO**

A conciliação entre a produção agropecuária e a conservação dos recursos naturais é essencial para garantir o bem-estar das gerações atuais e futuras. Para alcançar esse equilíbrio, é necessário desenvolver e aprimorar métodos que promovam essa integração. A classificação do uso da terra, destacada pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), oferece uma ferramenta estratégica para que os tomadores de decisão possam atuar de forma assertiva, potencializando as características locais e aprimorando a relação entre produção e conservação dos recursos naturais (GARNICA, 2005).

O cumprimento de pactos e iniciativas globais, como os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela ONU, exige a aplicação de diversas metodologias (ONU, 2020). Nesse contexto, países e estados devem desenvolver ou adotar ferramentas disponíveis como base metodológica para orientar suas decisões políticas. O Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP) destaca-se como uma metodologia eficaz na elaboração e acompanhamento de planos de adequação socioeconômica e ambiental, operando na escala de bacia hidrográfica (MINAS GERAIS, 2023), com o objetivo de auxiliar na gestão e planejamento ambiental e territorial.

---

<sup>1</sup> Professora Associada pelo Curso de Geografia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM [danielle.piuzana@ufvjm.edu.br](mailto:danielle.piuzana@ufvjm.edu.br);

<sup>2</sup> Professor Adjunto pelo Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM [eric.gorgens@ufvjm.edu.br](mailto:eric.gorgens@ufvjm.edu.br);

<sup>3</sup> Professor Adjunto pelo Curso de Geografia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM [santos.marcelino@ufvjm.edu.br](mailto:santos.marcelino@ufvjm.edu.br);

<sup>4</sup> Professor Adjunto pelo Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Uberlândia– UFU [Luciano.franca@ufu.br](mailto:Luciano.franca@ufu.br);

<sup>5</sup> Professor Adjunto pelo Curso de Licenciatura do Campo, da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM [andre.rech@ufvjm.edu.br](mailto:andre.rech@ufvjm.edu.br).

Entre os métodos escaláveis e menos subjetivos para a elaboração do ZAP, sobressai o Potencial de Uso Conservacionista (PUC) (COSTA et al., 2017; 2019). Esse método propõe o cálculo de um indicador que considera três componentes fundamentais: declividade, tipo de solo e litologia. O PUC parte do princípio de que essas variáveis físicas influenciam o potencial de uso de uma área específica em termos de conservação do solo (uso agropecuário e resistência à erosão) e dinâmica hídrica (especialmente o potencial de recarga). Os resultados são apresentados cartograficamente, utilizando álgebra de mapas e avaliações zonais (COSTA et al., 2019). Além disso, os dados podem ser organizados em uma matriz PUC, que serve de suporte para os tomadores de decisão na elaboração de planos de adequação de sub-bacias hidrográficas.

A realização de estudos e diagnósticos em grandes áreas, que possam subsidiar planos de ação para prevenir ou mitigar potenciais conflitos, é fundamental para o desenvolvimento eficaz de políticas públicas que conciliem a produção agropecuária com a conservação e preservação dos ecossistemas naturais. O objetivo deste trabalho é caracterizar o estado de Minas Gerais em termos de potencial de uso da terra para conservação do solo e produção de água, além de avaliar o potencial das áreas atualmente destinadas à agricultura, pecuária e silvicultura.

## **MATERIAIS E MÉTODO**

A área de estudo, com aproximadamente 586.528 km<sup>2</sup>, abrange o estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil, entre as coordenadas 14° 10' S e 22° 55' S e 39° 52' W e 51° 00' W. A altitude na região varia de 79 a 2.890 metros, e o estado apresenta uma diversidade de tipos climáticos, destacando-se as classificações As, Aw, Cfa, Cfb, Cwa e Cwb, conforme a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014). Minas Gerais abriga três biomas brasileiros: Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, sendo os dois últimos reconhecidos como hotspots de biodiversidade mundial (MYERS et al., 2000).

Para o diagnóstico da potencialidade para atividades agrícolas e silviculturais, utilizou-se o conceito de Potencial de Uso Conservacionista (PUC) (COSTA et al., 2017). Esse método classifica o terreno atribuindo uma pontuação de 1 (PUC muito baixo) a 5 (PUC muito alto), baseada em informações de litologia, classe de solo e declividade. A camada de litologia foi obtida a partir do mapa geológico de Minas Gerais na escala 1:1.000.000 (disponível em <http://www.portalgeologia.com.br/>, acessado em 01/08/2023). As classes de solo foram extraídas do mapa de solos de Minas Gerais em escala 1:650.000 (disponível em: <https://dps.ufv.br/software/>). A declividade foi

calculada a partir dos dados de elevação da superfície fornecidos pelo Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), versão 3, com resolução de 1 arco-segundo (aproximadamente 30 m), distribuídos pela NASA JPL, utilizando bases de dados gratuitas para preenchimento de valores ausentes.

Os valores de declividade foram categorizados em: plano (0 a 3%), suave ondulado (3 a 8%), moderadamente ondulado a ondulado (8 a 20%), fortemente ondulado (20 a 45%) e montanhoso a escarpado (>45%) (COSTA et al., 2017). As camadas de litologia e solo, originalmente fornecidas em formato vetorial, foram convertidas para formato matricial com resolução de 30 metros. Essas camadas foram então combinadas considerando pesos de 50% para declividade, 39% para classe de solo e 11% para litologia (COSTA et al., 2017, 2019).

A aptidão final foi adaptada a partir das classes de PUC propostas por Costa et al. (2017). As classes PUC muito baixo (1,0 a 1,8) e baixo (1,8 a 3,0) foram categorizadas como sem aptidão para uso agrossilvipastoril, enquanto as classes médio (3,0 a 3,4), alto (3,4 a 4,2) e muito alto (4,2 a 5,0) foram consideradas aptas para uso agrossilvipastoril.

O mapa de Potencial de Uso Conservacionista foi gerado e sobreposto ao mapa de uso do solo de 2019, disponibilizado pelo MapBiomas, Coleção 5 (<https://mapbiomas.org/>, acessado em 01/12/2020). Para a composição da camada de silvicultura, considerou-se a classe Floresta Plantada; para a agricultura, foram consideradas as classes Cana, Lavoura Perene, Soja e Outras Lavouras Temporárias; para a pecuária, foram consideradas as classes Pastagem e Mosaico de Agricultura e Pastagem. As demais classes de uso da terra associadas à agricultura não foram identificadas em Minas Gerais (SOUZA et al., 2020).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

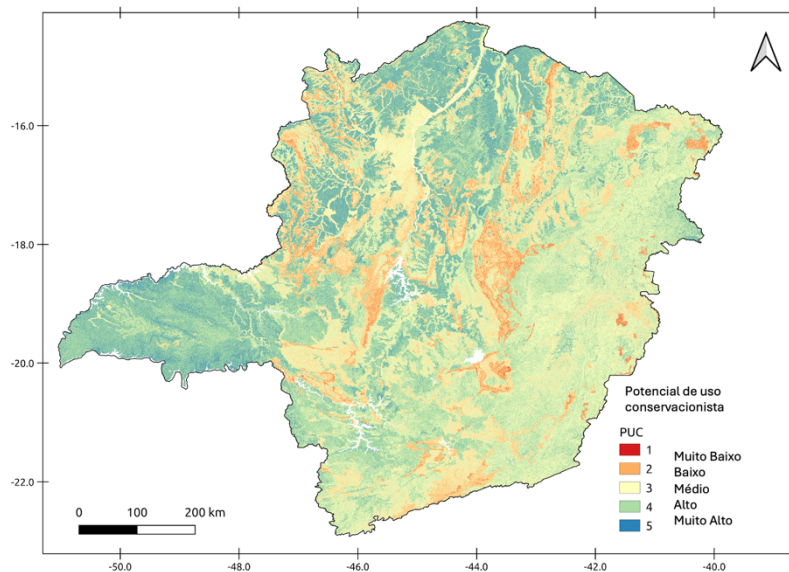
As bases de litologia, classes de solos e declividade reclassificados assim como o mapa de PUC estão disponibilizado na plataforma do Google Earth Engine (<https://code.earthengine.google.com/76a7d9abc9109a6de575fe155ac7dee9>). As litologias no estado apresentam predomínio de baixos escores considerando o PUC. Gnaisse, metapelitos e granitos representam as porções leste e sudoeste. As principais unidades de quartzito (central), ardósias, siltitos (central / noroeste) e arenitos (oeste) também resultaram em pontuações baixas. As pontuações PUC mais altas são rochas calcárias (meta) que ocorrem nas porções central, noroeste e sudoeste do estado.

A classe do solo tem um alto potencial para uso agrossilvipastoril, uma vez que os Latossolos a dominam. Baixos pesos ocorrem associados à ordem Neossolos (centro, noroeste e em alguns vales fluviais) cuja origem está relacionada à região central do substrato rochoso quartzítico e ferrífero (por exemplo, Serra do Espinhaço). No Noroeste, baixos pesos estão associados a depósitos de rios cenozoicos arenosos (Neossolos Flúvicos, Gleissolos). As áreas de ordem dos Cambissolos, geralmente adjacentes a áreas montanhosas, apresentam pesos intermediários.

As altas encostas estão associadas às regiões escarpadas, principalmente no leste e sudeste do estado (por exemplo, serras da Mantiqueira, Espinhaço, Canastra e Caparaó), resultando em baixos pesos para o uso agrossilvipastoril. Os escores mais altos estão nas regiões planas da porção noroeste e oeste da área de estudo e nas planícies de grandes rios (por exemplo, São Francisco, Jequitinhonha, Doce, entre outros).

O estado de Minas Gerais possui valor médio de 3,5, com valores variando de 1,078 a 4,989 (Figura 1). Os valores mais elevados de PUC estão localizados na região do Triângulo Mineiro e noroeste, e regiões de baixos valores localizados nas regiões serranas, como Serra do Espinhaço, Serra da Mantiqueira e Serra da Canastra. As regiões leste e sul possuem valores intermediários principalmente condicionados pela declividade resultante das formações de mares de morro.

Figura 1. O Potencial de Uso Conservacionista (PUC) como resultado das camadas combinadas com pesos específicos: litologia, classe de solo e declividade para o estado de Minas Gerais.



Com base na classificação do uso e ocupação da terra realizado pelo MapBiomas (2020) para o ano de 2019 a pecuária é o principal uso da terra com finalidade econômica no estado de Minas Gerais, atingindo 29,7 milhões de hectares, seguido da agricultura com 4,1 milhões e a silvicultura com 2,3 milhões. A pecuária apresenta o maior percentual de uso de terras (17,9%) em áreas com baixo potencial ( $PUC \leq 3$ ), seguido pela silvicultura (8,6%) e pela agricultura (3,9%) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Área atual de uso da terra e seu porcentual em áreas de baixo potencial de uso para conservação ( $PUC \leq 3$ )

Uso da terra	Área (ha)	% PUC baixo
Pecuária	29,724,881	17.89
Silvicultura	2,381,596	8.61
Agricultura	4,188,472	3.91

O estado de Minas Gerais caracteriza-se por uma diversidade de rochas condicionadas por domínios tectônicos distintos. A porção oeste do estado apresenta litologia com pesos menores para uso potencial do que a oriental. Os Latossolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelhos e Argissolos, amplamente presentes em Minas Gerais, condicionaram o médio a alto potencial de uso agrossilvipastoril. Esses solos são estáveis, com estágio avançado de intemperismo, profundos, boas condições de drenagem e baixa capacidade de troca catiônica (BÜNEMANN et al., 2018). Neossolos com baixo escore de potencial de uso são marcantes em áreas formadas por rochas estruturalmente resistentes (TAVEIRA et al., 2018), como quartzitos e itabiritos. A vegetação formada nesses domínios de solos rasos e líticos tem alto endemismo (SCHAEFER et al., 2016) e devem ser preservadas (SILVEIRA et al., 2016). Essas áreas são locais onde os critérios de priorização sugerem evitar atividades agrossilvipastoris, e as características ecológicas reivindicam proteção, criando dupla fiscalização para conservação e promoção dos serviços ecossistêmicos, conforme indicado pela legislação brasileira (BRASIL, 2021). Embora os mapas de tipo de solo e litologia tenham resolução espacial mais baixa do que a declividade o cálculo da PUC pode ser continuamente atualizado e aprimorado à medida que mapas de escala mais refinados se tornarem disponíveis no futuro.

A declividade do terreno é a camada principal, com alto peso (50%) na distribuição espacial do PUC. Além disso, é a camada com a maior resolução e detalhe e a única camada derivada de informações originalmente numéricas e contínuas (ou seja, SRTM). A inclinação determina a intensidade de processos como erosão e redistribuição de sedimentos, capacidade de drenagem local e a quantidade e intensidade da radiação solar (ABATE, KIBRET, 2016). Áreas com menor PUC devem ser mantidas prioritariamente com vegetação nativa tornando-se, portanto, adequadas para fornecer serviços ecossistêmicos. Nessa direção, destacamos algumas ações internacionais, como a declaração da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço que abrange uma região montanhosa desde o Quadrilátero Ferrífero até a Serra do Espinhaço Norte. Quando uma região de baixo PUC apresenta uso agrossilvipastoril relevante, é essencial adotar práticas adequadas de conservação do solo e mitigar os impactos por meio da implementação de serviços ambientais necessários para recuperar os serviços ecossistêmicos exigidos pela paisagem produtiva. Tal ação é necessária por serem frágeis e mais suscetíveis à degradação quando submetidas a práticas inadequadas de manejo (COSTA et al., 2019).

Com uma parte considerável da área apresentando PUC intermediária a alta, técnicas adequadas de manejo e conservação do solo e da água são ainda mais críticas para a manutenção da sustentabilidade das atividades agrossilvipastoris. As práticas adotadas refletem diretamente nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Independentemente do peso PUC, o manejo deve sempre garantir a manutenção da qualidade do solo e da água.

O pagamento por serviços ambientais é uma ótima alternativa para aumentar o desempenho ambiental da agricultura, pecuária e silvicultura (BRASIL, 2021). Uma opção é o pagamento por terras retiradas do processo produtivo (BULLOCK et al., 2011), renunciando a áreas com baixo potencial produtivo e direcionando seu uso para a vegetação natural por meio da restauração ecológica (BULLOCK et al., 2011). Associar o setor agropecuário a uma imagem de "produtores da biodiversidade" é um impacto social e ambiental significativo. A preservação de áreas de baixo PUC é essencial para a conservação da biodiversidade, a criação de corredores naturais, a proteção contra desastres naturais e a regulação da água (LOMBA et al., 2020). Além disso, os serviços ambientais também podem ser remunerados quando as atividades agrícolas melhoraram os índices sustentáveis por meio de medidas de intensificação ecológica, mesmo dentro de áreas altamente adequadas para agricultura, silvicultura ou pecuária (BRASIL, 2021, NELSON, BURCHFIELD, 2021).



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para grande parte do Brasil, a agricultura é a principal motriz da economia e portanto, é essencial se reconhecer as potencialidades e fragilidades da atividade. O desenvolvimento das políticas públicas precisa criar mecanismos para potencializar a vocação agrícola dos municípios que possuem áreas de alto PUC, mas também deve proporcionar alternativas para o desenvolvimento dos municípios que não podem se basear no agronegócio. Além de orientar o desenvolvimento de políticas públicas, o PUC também poderia ser um indicativo para níveis diferenciados quanto ao rigor no licenciamento ambiental e fiscalização ambiental, orientando a construção de normativas que potencializam a conservação e preservação das regiões críticas.

É importante ressaltar que o uso da terra de uma determinada região é condicionado por múltiplos fatores. O PUC é capaz de avaliar dois deles: o impacto na conservação do solo e na produção de água. Muitos outros fatores podem ainda condicionar o potencial do uso da terra, como as condições climáticas, a rede logística, a distância a mercados consumidores e ainda as restrições ambientais impostas por lei, como Áreas de Preservação Permanentes e Unidades de Conservação.

Fortalecer a interface entre ciência e gestão pública, a fim de subsidiar a formulação de políticas eficientes para a conservação e recuperação dos remanescentes de vegetação nativa, é essencial e urgente. O desenvolvimento de políticas públicas que integrem a produção agrícola, o uso e ocupação da terra, a conservação ambiental e a distribuição de renda é fundamental para incentivar a legalização das terras, a redução de fluxos migratórios, a valorização das famílias de agricultores e sua conexão com a terra e o uso da terra em sua potencialidade.

**Palavras-chave:** Potencial de uso da terra, conservação do solo, produção de água, serviços ambientais.

**AGRADECIMENTOS:** Agradecemos à FAPEMIG pelo apoio financeiro dos Projetos APQ 00185-22 (DPM); APQ-00943-21 (EBG) e ao CNPq, processo: 423939/2021-1 (ARR). Agradecemos o suporte logístico ao LandLab – MULTIFLOR/UFVJM, o Núcleo ISZA do Instituto de Minas Gerais Geociências (UFMG) ao Núcleo de Estudo e Pesquisa em Zoneamento Ambiental Produtivo (NEPZAP -UFVJM) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal (PPGCF- UFVJM).

## REFERÊNCIAS

ABATE, N.; KIBRET, K. Effects of land use, soil depth, and topography on soil physicochemical properties along the toposequence at the Wadla Delanta Massif,

Northcentral Highlands of Ethiopia. **Environment and Pollution**, v. 5, n. 2, p. 57-71, 2016.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

BRASIL. **Lei no 12.727**, de 17 de outubro de 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm).

BRASIL. **Lei nº 14.119/2021**. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-298899394>

BULLOCK, J. M. et al. Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 26, n. 10, p. 541-549, 2011.

BÜNEMANN, E. K. et al. Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, p. 105-125, 2018.

COSTA, A. M. et al. Potencial de uso conservacionista em bacias hidrográficas: estudo de caso para a bacia hidrográfica do rio Gualaxo do Norte - MG. **Geografias**, v. 27, n. 2, p. 127–147, 2019.

COSTA, A. M. et al. Ponderação de variáveis ambientais para a determinação do Potencial de Uso Conservacionista para o Estado de Minas Gerais. **Geografias**, v. 14, n. 1, p. 118–134, 2017.

GARNICA, J. A. S. Determinación del uso potencial de la tierra con fines agrícolas en el municipio Bolívar, Estado Táchira. **Geoenseñanza**, v. 10, n. 1, p. 69–85, 2005.

LOMBA A. et al. Back to the future: rethinking socioecological systems underlying high nature value farmlands. **Frontiers in Ecology and the Environment** v. 18, n.1, p. 6–42, 2020.

MINAS GERAIS. **Metodologia do Zoneamento Ambiental Produtivo de sub-bacias hidrográficas**. 4ª ed. Belo Horizonte: Comitê Gestor do ZAP. 2023. Disponível em: [http://www.feam.br/images/stories/2023/ZAP/Metodologia\\_ZAP\\_4ª\\_edição\\_2023.pdf](http://www.feam.br/images/stories/2023/ZAP/Metodologia_ZAP_4ª_edição_2023.pdf)

MYERS, N., et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403 n.6772, p.853-858, 2000.

NELSON, K. S., BURCHFIELD, E. K. Landscape complexity and US crop production. **Nature Food**, v.2, n. 5, p. 330-338, 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**, 2016. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda> .

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **#Envision2030**: 17 goals to transform the world for persons with disabilities. 2020. <https://www.un.org/development/desa/disabilities/envision2030.html>.

SCHAEFER, et al. The Physical Environment of Rupestrian Grasslands (Campos Rupestres) in Brazil: Geological, Geomorphological and Pedological Characteristics, and



Interplays. In: FERNANDES G. (eds) **Ecology and Conservation of Mountaintop grasslands in Brazil**. (pp. 15-54). Springer, Cham. 2016.

SILVEIRA, F.A. et al. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, v. 403, n. 1, p. 129-152, 2016.

SOUZA, C.M. et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v.12, n. 17, p.2735. 2020.

TAVEIRA, L.R.S. et al. Mapping land use capability in tropical conditions adapting criteria to different levels of agricultural management. **Ciência e Agrotecnologia**, v.42, p. 631-642, 2018.