

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geoprocessamento, Levantamento e
Interpretação de Solos

Josimar Rodrigues Oliveira

Classificação do potencial agrícola do município de Felício dos Santos-MG

Belo Horizonte
2025

Josimar Rodrigues Oliveira

Classificação do potencial agrícola do município de Felício dos Santos-MG

Monografia de especialização apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos.

Área de concentração: Ciência do Solo

Orientador: Fábio Soares de Oliveira

Belo Horizonte
2025

O48c Oliveira, Josimar Rodrigues.
2025 Classificação do potencial agrícola do município de Felício dos Santos-MG [manuscrito / Josimar Rodrigues Oliveira. – 2025. 45 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Fábio Soares de Oliveira.
Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2025.
Bibliografia: f. 40-45.

1. Geoprocessamento. 2. Geotecnologia ambiental. 3. Agricultura – Minas Gerais. 4. Mapeamento do solo. 5. Desenvolvimento sustentável. 6. Jequitinhonha (MG). I. Oliveira, Fábio Soares. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 528 (815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FOLHA DE APROVAÇÃONOME: **JOSIMAR RODRIGUES DE OLIVEIRA, Nº. DE REGISTRO: 2024651385**

TRABALHO FINAL: CLASSIFICAÇÃO DO POTENCIAL AGRÍCOLA DO MUNICÍPIO DE FELÍCIO DOS SANTOS-MG

Trabalho de Conclusão da Especialização apresentado ao Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, do Programa de Pós-graduação em Geografia, da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos.

APROVADO em 08 de julho de 2025, pela Orientação e Banca Examinadora constituída pelos Membros:

FÁBIO SOARES DE OLIVEIRA - Orientador

MEMBROS DA BANCA:

Fábio Soares de Oliveira(UFMG);

Cristiane Valéria de Oliveira(UFMG);

Max Paulo Rocha Pereira(UFMG);

Flávia Mazzer Rodrigues da Silva(UFMG).



Documento assinado eletronicamente por **Max Paulo Rocha Pereira, Usuário Externo**, em 17/07/2025, às 15:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flavia Mazzer Rodrigues da Silva, Professora do Magistério Superior**, em 28/07/2025, às 19:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabio Soares de Oliveira, Professor(a)**, em 01/08/2025, às 10:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristiane Valeria de Oliveira, Professora do Magistério Superior**, em 01/08/2025, às 10:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4377754** e o código CRC **47EB8AD6**.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por conceder-me saúde e a oportunidade de trilhar essa jornada, bem como pelas inúmeras bênçãos que tem derramado sobre a minha família.

À minha esposa, Thamara Júlia Santos Lopes Oliveira, sempre amiga, companheira e incentivadora da minha eterna busca por novos aprendizados e conhecimentos pessoais e profissionais.

À Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), por meio do Instituto de Geociências (IGC), pela oportunidade de ter feito parte desta histórica primeira turma do Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos.

Ao professor Dr. Fábio Soares de Oliveira, profissional fantástico que coordenou o presente curso e o qual tive a honra de contar com as valiosas contribuições enquanto supervisor deste Trabalho de Conclusão de Curso.

A todos(as) os(as) professores(as) e tutores(as) que atuaram nas diversas disciplinas e atividades que tivemos durante esta Pós-Graduação, por compartilharem seus saberes, sua vivência prática e dedicarem seu tempo em prol da qualificação de profissionais para atuarem na área do curso.

A todas as pessoas que trabalharam, incansavelmente, nos bastidores para que a oferta deste curso fosse possível por meio do consórcio denominado Unisolos.

Aos colegas de curso, pelo aprendizado e crescimento conjunto que tivemos, ao partilharmos conhecimento por meio da interação ao longo desta caminhada.

**“A segurança alimentar do mundo nos próximos 30 anos
está nas mãos do Brasil” (Alysson Paolinelli)**

RESUMO

O uso de geotecnologias na análise e modelagem de agroecossistemas configura-se como uma estratégia valiosa para apoiar gestores e profissionais das ciências agrárias no planejamento e na promoção do desenvolvimento rural sustentável em escala municipal. Este trabalho teve por objetivo avaliar o potencial agrícola do município de Felício dos Santos, localizado no Alto Jequitinhonha, por meio de técnicas de geoprocessamento associadas ao levantamento e à interpretação de solos. Inicialmente, procedeu-se ao levantamento de bases de dados de acesso público, com a seleção e aquisição de arquivos vetoriais e matriciais adequados à pesquisa. A partir de ferramentas de geoprocessamento, foram elaborados mapas temáticos detalhados. O mapa de potencial agrícola do município resultou da integração de dados sobre classes de solos, relevo, erodibilidade, hipsometria, vegetação e uso e ocupação do solo, por meio das técnicas de Análise Hierárquica de Processos (AHP) e Combinação Linear Ponderada. A aplicação dessa metodologia e da fórmula de modelagem preexistente permitiu gerar uma primeira aproximação cartográfica, evidenciando que aproximadamente 67% do território municipal possui áreas com alto e médio potencial agrícola, enquanto as demais regiões mostram-se mais indicadas para o extrativismo vegetal, a preservação ambiental e usos recreativos sustentáveis. Os resultados obtidos demonstram a adequação da abordagem adotada, ao apresentarem coerência com as observações de campo e com a atual delimitação da unidade de conservação existente, além de indicarem a viabilidade de ampliação ou criação de uma Área de Proteção Ambiental (APA) Municipal em pelo menos 50 km², contribuindo para o incremento do orçamento local por meio do ICMS Ecológico.

Palavras-chave: geotecnologias; Jequitinhonha; mapeamento; QGIS; solos.

ABSTRACT

The use of geotechnologies for the analysis and modeling of agroecosystems stands out as a valuable strategy to support managers and professionals in agricultural sciences in planning and promoting sustainable rural development at the municipal level. This study aimed to assess the agricultural potential of the municipality of Felício dos Santos, located in the Alto Jequitinhonha region, through geoprocessing techniques combined with soil survey and interpretation. Initially, freely accessible databases were compiled, selecting and acquiring suitable vector and raster files for the research. Using geoprocessing tools, detailed thematic maps were produced. The agricultural potential map for the municipality was developed by integrating data on soil classes, relief, soil erodibility, hypsometry, vegetation, and land use and cover, employing the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Weighted Linear Combination techniques. The application of this methodology and the preexisting modeling formula enabled the creation of an initial cartographic approximation, revealing that approximately 67.0% of the municipal territory comprises areas with high and medium agricultural potential, while the remaining regions are more suitable for sustainable extractivism, environmental conservation, and recreational uses. Finally, the results demonstrate the appropriateness of the adopted approach, given its consistency with field observations and the existing conservation unit boundaries, while also indicating the feasibility of expanding or establishing a Municipal Environmental Protection Area (APA) of at least 50 km², thereby contributing to increased local revenue through the ICMS Ecológico program.

Keywords: geotechnologies; Jequitinhonha; mapping; QGIS; soils.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Localização do município de Felício dos Santos – MG, 2025.	13
Figura 2. Mapa de Classes de Solos do município de Felício dos Santos – MG, 2025.	22
Figura 3. Mapa de Classes de Relevo do município de Felício dos Santos – MG, 2025.	24
Figura 4. Mapa de Erodibilidade dos Solos de Felício dos Santos – MG, 2025.	26
Figura 5. Mapa Hipsométrico do município de Felício dos Santos – MG, 2025.	27
Figura 6. Mapa de tipos de Vegetação do município de Felício dos Santos – MG, 2025.	29
Figura 7. Mapa de Uso e Ocupação do Solo em Felício dos Santos – MG, 2025.	30
Figura 8. Mapa de Potencial Agrícola de Felício dos Santos - MG, 2025.	34
Figura 9. Áreas de alto potencial, ocupadas com a cultura do eucalipto (esquerda) e com cafeicultura (direita), em região de ocorrência de Latossolos Vermelhos distróficos. Felício dos Santos - MG, 2025.	37
Figura 10. Áreas de médio potencial, ocupadas com as culturas do urucum, eucalipto (esquerda) e pastagens nativas (direita) sobre Argissolos Vermelho-Amarelos. Felício dos Santos - MG, 2025.	37
Figura 11. Áreas de baixo potencial com moradia e alguns cultivos (esquerda), vegetação nativa com pastagem aberta ao fundo e vista da Serra do Gavião (direita). Felício dos Santos - MG, 2025.	38
Figura 12. Áreas inaptas a atividade agrícola com muitos afloramentos de rocha e ocorrência de Neossolos Litólicos (esquerda), destaque para o Rio Araçuaí (direita). Felício dos Santos - MG, 2025.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Pesos atribuídos a cada classe dos parâmetros qualitativos por meio de avaliação agronômica com método da ordem arbitraria hierárquica em valores normalizados entre 0 a 1. 17

Tabela 2. Matriz de comparação pareada e autovetor calculado (peso de cada parâmetro) para avaliação do potencial agrícola 19

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	13
2.1	Área de estudo.....	13
2.2	Mapeamento do potencial agrícola do município.....	14
2.3	Descrição detalhada das etapas para o mapeamento.....	14
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
3.1	Caracterização físico-ambiental e de uso das terras de Felício dos Santos.....	21
3.2	Potencial Agrícola do município de Felício dos Santos (1ª aproximação).....	31
4	CONCLUSÃO.....	39
	REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

O setor agropecuário enfrenta, na contemporaneidade, desafios crescentes relacionados às mudanças climáticas, à pressão sobre os recursos naturais e à necessidade de garantir a segurança alimentar em escala global e regional. De acordo com Machado *et al.* (2022), a mudança climática agravará a disponibilidade de recursos, como solo e água, a perda da biodiversidade e intensificará as vulnerabilidades sociais, principalmente onde a economia é muito dependente dos recursos naturais, como no Brasil. Por outro lado, Domene *et al.* (2023) destacam que a tendência demográfica global nos impõe o desafio de aumentar a produção de alimentos para garantir o consumo de mais 2 bilhões de habitantes, nos próximos anos.

Nesse contexto, o uso de geotecnologias tem se consolidado como uma ferramenta estratégica no planejamento agrícola, proporcionando maior precisão, eficiência e sustentabilidade às ações de gestão territorial e produtiva. Hott *et al.* (2022) afirmam que as geotecnologias possibilitam a aquisição de dados em campo e o processamento de informações territoriais acerca da produção agropecuária, traduzindo isto em algum nível de inteligência ou análise espacial. O monitoramento de culturas agrícolas, o levantamento e a caracterização de recursos naturais, do uso e cobertura da terra, os zoneamentos e a avaliação de cenários são alguns exemplos nos quais o uso das geotecnologias tem sido presente (MACÁRIO *et al.*, 2020).

A difusão de tecnologias como o sensoriamento remoto orbital e o emprego de aeronaves remotamente pilotadas (ARPs), popularmente conhecidos como *drones*, ampliou significativamente a capacidade de aquisição de dados em alta resolução espacial, viabilizando o monitoramento das lavouras, a detecção precoce de pragas e deficiências nutricionais, além da modelagem de variáveis agroambientais com menor custo e maior agilidade. Paralelamente, observa-se a crescente disponibilidade de dados geográficos em formatos vetoriais e matriciais por meio de plataformas digitais de acesso público, os quais permitem análises multifuncionais. De acordo com Daltio *et al.* (2012), nas últimas décadas, os dados geográficos ganharam maior popularidade e representam uma parcela significativa dos dados disponíveis na internet.

Nesse universo de possibilidades, destaca-se o mapeamento do potencial agrícola como instrumento fundamental para subsidiar políticas públicas, orientar práticas de uso e ocupação do solo e fomentar estratégias de desenvolvimento rural sustentável. O conhecimento do potencial das terras do país para diferentes tipos de utilização é função da avaliação da aptidão dessas terras, as quais são classificadas conforme as suas limitações (Manzatto *et al.*, 2002). Existem diversas metodologias, que buscam de algum modo, quantificar, qualificar e classificar as possibilidades de uso das terras, dentre elas podemos destacar os tradicionais Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995) e Sistema de Avaliação da Capacidade de Uso das Terras (LEPSCH *et al.*, 2015). No entanto, tais sistemas de avaliação são complexos de serem utilizados e interpretados por pessoas que não são profissionais da área, quando representados em um mapeamento temático com a legenda codificada.

Neste contexto, surgem alguns autores como Oliveira (2021) e IBGE (2022a) que trazem propostas metodológicas de análise técnico-interpretativa que visam retratar a realidade de forma simplificada. Esse tipo de classificação, permite uma interpretação mais fácil, para fins de planejamento e tomada de decisão, principalmente de gestores públicos. A metodologia de análise do potencial agrícola, proposta por Oliveira (2021) é focada a nível municipal com quatro classes de interpretação, sendo elas: alto, médio, baixo e inapto. Em contexto similar, o IBGE (2022a) propõe a análise da potencialidade agrícola natural das terras em âmbito nacional, por meio de cinco classes, a saber: muito boa (A1), boa (A2), regular (B), restrita (C) e fortemente restrita (D).

Representado cartograficamente em linguagem acessível e adequada à realidade local, produtos cartográficos do potencial agrícola podem indicar áreas prioritárias para conservação ambiental, recuperação de áreas degradadas, incentivo à agricultura familiar ou promoção de atividades compatíveis com a sociobiodiversidade local. No entanto, os mapeamentos em escala regional, estadual ou nacional, embora relevantes, frequentemente apresentam limitações quando aplicados ao nível municipal, por gerarem informações generalizadas que não correspondem com precisão às especificidades locais.

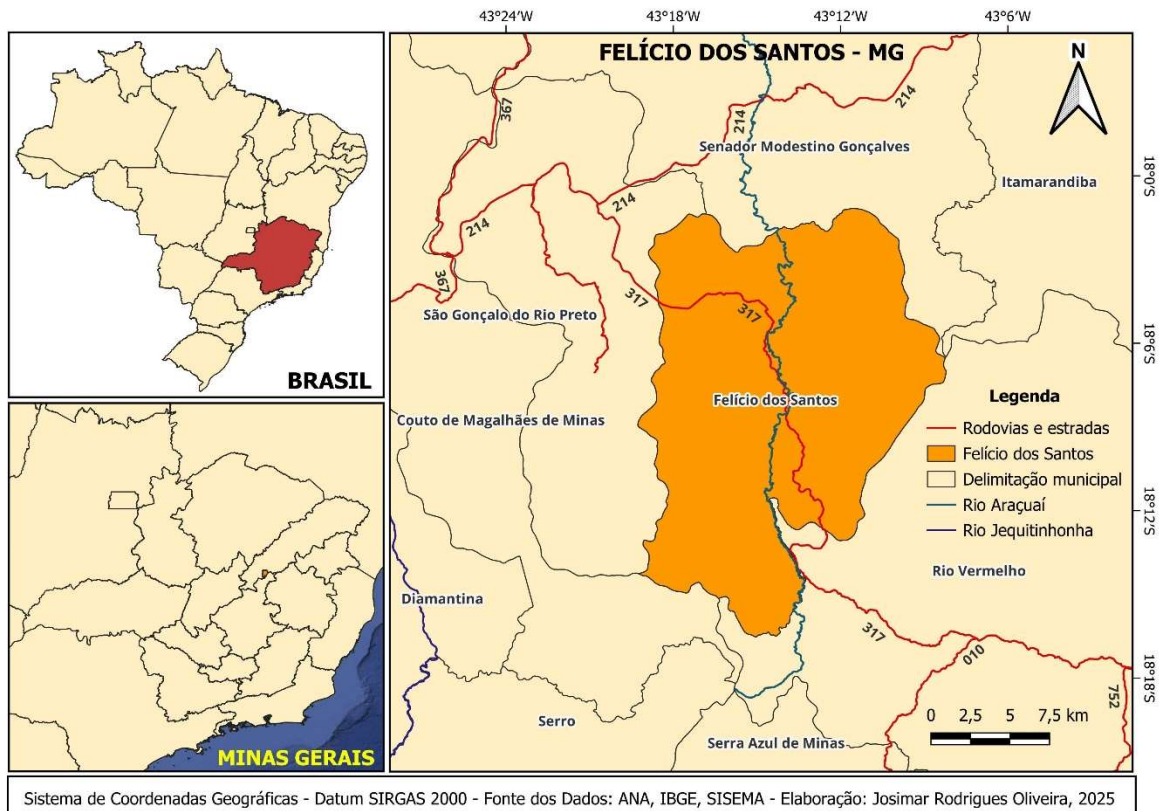
No estado de Minas Gerais, onde cerca de 78% dos 853 municípios possuem menos de 20 mil habitantes (IBGE, 2022b), observa-se uma carência significativa de mapeamentos agrícolas em escala local que possam efetivamente subsidiar a formulação de políticas públicas municipais baseadas em dados espaciais consistentes. Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar o potencial agrícola em escala local, tendo como estudo de caso o município de Felício dos Santos, localizado na região do Alto Jequitinhonha, a partir da aplicação integrada de técnicas de geoprocessamento, levantamento e interpretação de solos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Para a realização dessa pesquisa, foi selecionado como estudo de caso o município de Felício dos Santos, que está localizado no Alto Jequitinhonha, com sua sede nas coordenadas geográficas $18^{\circ} 04' 40''$ S e $43^{\circ} 15' 01''$ W e abrange uma área territorial de 357,622 km² (IBGE, 2024a). Faz limite com os municípios de Couto de Magalhães de Minas, Itamarandiba, São Gonçalo do Rio Preto, Senador Modestino Gonçalves e Rio Vermelho (Figura 1). A altitude média do município é de 740 m, com precipitação anual estimada de 1174 mm (GUIMARÃES *et al.*, 2010) e o clima é classificado como tropical de altitude, com inverno seco e verão mais ameno (Cwb) com temperatura média anual de 19,4 °C, conforme Köppen-Geiger (1928), refinada por Alvares *et al.* (2013) para o Brasil e está inserido predominantemente no bioma Cerrado (MAPBIOMAS, 2023).

Figura 1. Mapa de Localização do município de Felício dos Santos - MG, 2025.



A população estimada residente no município é de 5.248 habitantes (IBGE, 2024b) e o Índice de Desenvolvimento Humano é 0,606 (PNUD, 2010) - considerado médio. A agricultura no município é predominantemente familiar, destinada ao consumo próprio com comércio do excedente em feiras livres. De acordo com dados do último Censo Agropecuário, Felício dos Santos tem 827 estabelecimentos rurais e 75% deles são enquadrados como agricultores familiares, conforme requisitos estabelecidos pelo Art. 3º da Lei nº 11.326/2006 e ocupam 38,25% do total das terras (IBGE, 2017; BRASIL, 2006).

2.2 Mapeamento do potencial agrícola do município

Para a obtenção do potencial agrícola na área de estudo, foram utilizados os procedimentos propostos por Oliveira (2021). Esses procedimentos incluem as seguintes etapas: 1) Busca de informações bibliográficas e de dados geográficos de acesso público e gratuito; 2) Seleção de dados vetoriais e matriciais com as informações mais detalhadas possíveis, em razão de escala e resolução espacial; 3) Elaboração dos mapas temáticos de classes de solo, classes de relevo, erodibilidade do solo, hipsometria, uso e ocupação do solo e vegetação; 4) Conversão dos mapas temáticos em arquivos matriciais normalizados com valores entre 0 a 1; 5) Álgebra de mapas utilizando-se a Análise Hierárquica de Processos (AHP) e combinação linear ponderada para gerar o mapa temático de potencial agrícola do município.

2.3 Descrição detalhada das etapas para o mapeamento

A primeira etapa consistiu na busca de informações da literatura e base de dados geográficos de acesso público e gratuito, que apresentavam informações atualizadas referentes às características físico-naturais do Estado de Minas Gerais ou materiais específicos referentes ao município de Felício dos Santos.

Foram selecionados dados vetoriais disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA, 2017); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2020); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023a; IBGE, 2023b; IBGE, 2025a) e Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA, 2025). Dados matriciais foram obtidos por meio da Coleção do Projeto MapBiomass Brasil v. 9.0 (MAPBIOMASS, 2023) e do ANADEM v1.0 - *South America Digital Terrain*

Model (LAIPELT *et al.*, 2024).

A partir dos dados vetoriais selecionados foram elaborados os mapas temáticos das classes de solos (SANTOS *et al.*, 2025); erodibilidade (EMBRAPA, 2020) e vegetação natural (IBGE, 2012) de Felício dos Santos-MG. A versão mais atual do mapeamento de uso e ocupação do solo desta localidade foi obtida por meio dos dados matriciais do MapBiomas (2023). Os mapas temáticos de classes de relevo (SANTOS *et al.*, 2015) e hipsométrico do município foram elaborados por meio de Modelo Digital de Terreno (MDT) – ANADEM v1.0 MGRS 23K, dado do tipo matricial, com resolução espacial de 30 metros (LAIPELT *et al.*, 2024).

As classes de solos existentes no município de Felício dos Santos foram obtidas por meio dos dados pedológicos vetoriais disponibilizados na plataforma denominada Banco de Dados e Informações Ambientais Versão 3.0.0. (IBGE, 2023b). O Banco de Dados e Informações Ambientais do IBGE reúne a coleção de bases temáticas de recursos naturais do território nacional, ajustadas à escala 1:250.000, produzidas pelo IBGE no âmbito do projeto de Mapeamento de Recursos Naturais (IBGE, 2025b). As informações contidas nesse banco de dados estão em constante atualização por meio de trabalhos de campo e uso de geotecnologias que agregam novas informações aos dados já existentes. De acordo com IBGE (2025b), os dados e as funcionalidades da plataforma são constantemente implementados e a próxima atualização dos dados será no último trimestre de 2025.

Os mapas temáticos foram elaborados por meio de técnicas de geoprocessamento realizadas no Sistema de Informações Geográficas (SIG) denominado QGIS Desktop, versão 3.40.4 Bratislava com GRASS 8.4.0 (QGIS D.T., 2024; GRASS D.T., 2024), caracterizado por ser um *software* livre multiplataforma, com código-fonte aberto e construção colaborativa.

As camadas de dados utilizados que se encontravam em outros Sistemas de Referência de Coordenadas (SRC) foram reprojatadas para trabalhar no EPSG 4674 – SIRGAS 2000 – Sistema de Coordenadas Geográficas e posteriormente, já na condição de mapas temáticos do município foram reprojatados para trabalhar com o código EPSG 31983 – SIRGAS 2000 – Sistema de Coordenadas Planas UTM - Zona 23 S.

Os mapas temáticos com informações quantitativas (classes de relevo e hipsométrico) foram normalizados de 0 a 1 utilizando-se uma função *fuzzy* linear (ZADEH, 1965; ZADEH, 2015) por meio da calculadora *raster* do QGIS 3.40.4

Bratislava, considerando-se a lógica de que quanto mais declivoso o terreno ou mais elevada seja a altitude, menor será o potencial agrícola pelas limitações físicas e climáticas do local. A referida normalização gerou novos mapas mantendo-se a resolução espacial de 30 metros, uma vez que o MDT utilizado para gerar os referidos mapas temáticos possuía originalmente essa resolução espacial.

Nos mapas temáticos qualitativos com dados vetoriais, foi criada uma coluna com nome de “potencial” na tabela de atributos, para que cada classe presente em cada um desses mapas fosse avaliada segundo seu potencial agrícola por meio da ordem arbitrária hierárquica, com valores normalizados de 0 a 1, conforme apresentado na Tabela 1.

Quanto mais próximo de 1, maior o peso em relação ao potencial agrícola. O mapa de uso e ocupação do solo, por se tratar de um dado qualitativo, foi vetorizado e classificado desta mesma maneira. Posteriormente, todos os mapas temáticos que se encontravam na forma de dado vetorial foram convertidos para matricial com base no dado normalizado que indica o potencial agrícola, com a mesma resolução espacial daqueles gerados via MDT, ou seja, de 30 metros.

Por meio da Análise Hierárquica de Processos (AHP), desenvolvida por Saaty (1977) foi realizada uma análise multicritério cruzando as informações dos seis mapas temáticos selecionados para ser elaborada a matriz de comparação pareada com as ponderações de importância (pesos) para cada viável, conforme Tabela 2. Para as ponderações de importância utilizadas na matriz pareada foi utilizado a escala de 1 a 9, conforme Saaty (1980), sendo 1 de igual importância e 9 uma importância absolutamente maior para avaliação do potencial agrícola.

O autovetor, que é o peso de cada parâmetro para estimar o potencial agrícola e produzir o mapeamento, foi calculado dividindo a soma dos valores de cada linha da matriz pelo valor total da soma de todas as linhas da matriz. A razão de consistência da matriz foi igual a 0,02889, portanto, os valores dos pesos foram adequados para gerar a informação de potencial agrícola do solo utilizando os referidos parâmetros.

Tabela 1. Pesos atribuídos a cada classe dos parâmetros qualitativos por meio de avaliação agrônômica com método da ordem arbitrária hierárquica em valores normalizados entre 0 a 1.

Parâmetro	Classe	Peso - Potencial Agrícola
Erodibilidade	Muito Baixa	0,90
	Média	0,50
	Alta	0,20
	Muito Alta	0,10
Solos	LVAd – Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico	0,80
	LVd – Latossolo Vermelho distrófico	0,80
	PVAa – Argissolo Vermelho-Amarelo alumínico	0,50
	PVAd – Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico	0,50
	PVd – Argissolo Vermelho distrófico	0,50
	CXbd – Cambissolo Háplico Tb distrófico	0,30
	RLd – Neossolo Litólico distrófico	0,10
Uso e Ocupação do Solo	Afloramento de Rochas	0,01
	Cafeicultura	0,70
	Silvicultura	0,70
	Outras lavouras perenes	0,70
	Outras lavouras temporárias	0,60

(Continua...)

(Continuação...)

Parâmetro	Classe	Peso - Potencial Agrícola
	Mosaico de Usos	0,60
	Formação Florestal	0,50
	Formação Savânica	0,50
	Pastagem	0,50
	Rios, lagoas e corpos hídricos	0,01
	Infraestrutura Urbana	0,01
	Formação Campestre	0,01
	Campo alagado e área pantanosa	0,01
	Afloramento rochoso	0,01
	Área não vegetada	0,01
	Mineração	0,01
	Re – Florestamento/Reflorestamento com Eucalipto	0,70
	Vs – Vegetação Secundária	0,40
Vegetação	Sgf – Savana Gramíneo-Lenhosa com Floresta de Galeria	0,10
	Sgs - Savana Gramíneo-Lenhosa sem Floresta de Galeria	0,10
	Iu – Influência Urbana	0,01

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Tabela 2. Matriz de comparação pareada e autovetor calculado (peso de cada parâmetro) para avaliação do potencial agrícola

Parâmetros	Solo	Relevo	Hipso.	Erodib.	Veget.	Uso/Ocup.	Autovetor (Peso)
Solo	1	5	2	5	9	9	0,426
Relevo	1/5	1	1	2	3	5	0,168
Hipso.	1/2	1	1	5	5	5	0,241
Erodib.	1/5	1/2	1/5	1	2	2	0,081
Veget.	1/9	1/3	1/5	1/2	1	1	0,043
Uso/Ocup.	1/9	1/5	1/5	1/2	1	1	0,041
$\lambda_{mx} = 6,1804$		IC = 0,0361		IR = 1,25		RC = 0,0289	

λ_{mx} = Lambda máximo; IC = Índice de Consistência; IR = Índice Randômico e RC = Razão de Consistência.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Com as camadas todas transformadas em arquivo matricial contendo a mesma resolução espacial e em um sistema de projeção plano (UTM), o mapa de potencial agrícola de Felício dos Santos foi gerado por meio do método da Combinação Linear Ponderada, usando-se a Equação 1 na calculadora *raster* do QGIS:

(1)

$$\text{Potencial Agrícola} = (\text{"Solos"} \times 0.426) + (\text{"Hipsometria"} \times 0.241) + (\text{"Relevo"} \times 0.168) + (\text{"Erodibilidade"} \times 0.081) + (\text{"Vegetação"} \times 0.043) + (\text{"Uso"} \times 0.041)$$

Após a geração do mapa com a aplicação da combinação linear ponderada, utilizou-se a função *r.recode* do GRASS 8.4.0, para reclassificar o potencial agrícola em quatro classes. Oliveira (2021) propôs a divisão do potencial agrícola em quatro classes, com os seguintes intervalos de valores normalizados: "Inapta" (0,226 a 0,3003), "Baixo potencial" (0,3004 a 0,475), "Médio potencial" (0,4751 a 0,65) e "Alto potencial" (0,6501 a 1,0), tendo como referência o menor valor obtido em seu produto

final (0,226). Com base nessa metodologia, o presente trabalho adotou integralmente os intervalos definidos para as classes de baixo, médio e alto potencial. No entanto, a classe “Inapta” foi adaptada, ampliando-se o intervalo para abranger a faixa de 0 a 0,3003, considerando-se a possibilidade de ocorrência de valores ainda mais baixos no produto aqui gerado. Os cálculos de área foram realizados por meio da função *r.report* do GRASS 8.4.0.

Para verificar a consistência do mapeamento obtido com base nesses parâmetros, foi realizada uma incursão de campo no dia 10 de maio de 2025, visando à validação empírica dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização físico-ambiental e de uso das terras de Felício dos Santos

A Figura 2 apresenta os sete principais tipos de solos identificados no município de Felício dos Santos, os quais se distribuem em quatro ordens predominantes, segundo a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2025) e o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015). Conforme os dados obtidos, aproximadamente 50,35% da área municipal é composta por Argissolos — nas variantes PVAa, PVAd e PVd —, seguidos por 17,58% de Neossolos Litólicos Distróficos (RLd), 17,22% de Latossolos — nas classes LVAd e LVd — e 1,14% de Cambissolos Háplicos (CXbd). A estes se somam os afloramentos rochosos, que representam cerca de 13,71% da superfície do território.

A análise da tabela de atributos vinculada aos dados vetoriais empregados na elaboração do mapa temático revela, adicionalmente, a presença de associações e inclusões de outros tipos de solo não representados graficamente de forma individual, em razão das limitações impostas pela escala mínima de mapeamento. Segundo Francelino *et al.* (2025), essa escala determina a área mínima mapeável, a qual, em levantamentos pedológicos convencionais, corresponde a cerca de 0,4 cm² no produto cartográfico. Portanto, isto é a menor área passível de ser delineada de forma legível em cartas ou mapas, sem comprometer a fidelidade das informações obtidas em campo.

Aplicando-se a fórmula de cálculo proposta por esse mesmo autor, apenas os solos que ocupam extensões superiores a 250 hectares foram delimitados como unidades individualizadas no mapeamento utilizado neste estudo. Lima *et al.* (2013), há mais de uma década, já alertavam que era necessário desenvolver métodos modernos que permitisse acelerar e melhorar o conhecimento pedológico do território brasileiro em escalas mais operacionais.

exigida para representação individual na escala adotada, figurando apenas como inclusões ou associações nos polígonos das classes predominantes.

Grande parte do território municipal é dominada pela ocorrência de Argissolos Vermelho-Amarelos Alumínicos (45,98%). De acordo com Santos *et al.* (2025) esses solos possuem caráter alumínico ($Al^{3+} \geq 4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo, além de apresentar $m\% \geq 50\%$) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, inclusive considerando o horizonte de transição BA ou BE, exclusive BC. Apesar de limitante ao crescimento das plantas, de modo geral, esse caráter alumínico pode ser trabalhado por meio da correção da acidez e fertilidade do solo utilizando-se corretivos e condicionadores, como calcário e gesso agrícola, respectivamente.

Zaroni e Santos (2021) destacam que os Argissolos, de modo geral, ocorrem em diferentes condições climáticas e de material de origem e na sua grande maioria estão localizados em paisagens com relevos mais acidentados e dissecados, com superfícies menos suaves. De fato, ao observar o mapa temático de classes de relevo (Figura 3), verifica-se que há predominantemente a ocorrência de relevos ondulado a forte ondulado nas áreas de ocorrência dos diferentes tipos de Argissolos apresentados na Figura 2.

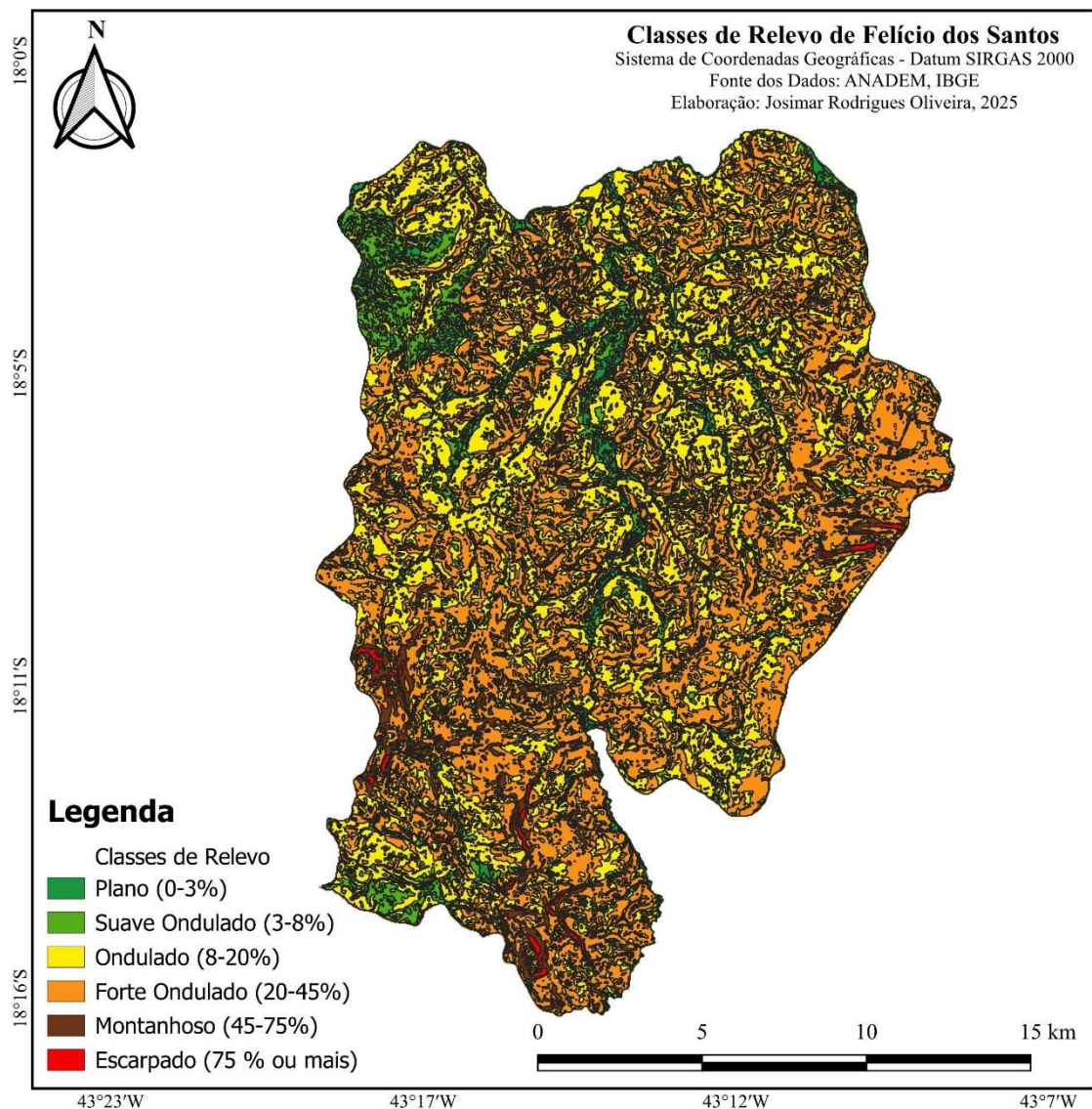
No município de Felício dos Santos, por meio deste mapeamento temático das classes de relevo (Figura 3), verificou-se a existência de 40,52% de relevo forte ondulado; 39,86% de relevo ondulado; 11,06% de suave ondulado; 4,82% de relevo montanhoso, enquanto somente 3,10% das áreas encaixaram-se na classe de relevo plano. Além disso, ainda foram observados a ocorrência de menos de 1% de relevo escarpado, que são as áreas de serras, como a da Pedra Menina e do Palmital. Essas áreas escarpadas são de grande importância dentro da região conhecida como Reserva da Biosfera do Espinhaço. De acordo com o IABS (2017) é a mais jovem reserva brasileira, reconhecida pela UNESCO em 2005, com pouco mais de 3 milhões de hectares e se destaca por reunir várias características especiais, como o alto grau de endemismo e a presença de campos rupestres em seu território.

Silva (2017), em seu trabalho de Análise Diagnóstico do Sistema Agrário do município de Felício dos Santos-MG apresenta dados do Plano Diretor Participativo elaborado em 2009, onde constava a informação de que havia 15% de relevo plano, 40% de relevo ondulado e 45% de relevo montanhoso no território municipal. Por meio do presente trabalho, foi possível estratificar as feições de relevo que realmente existem no município em seis classes, conforme parametrização de Santos *et al.*,

2015, quanto as faixas de declividade percentual e não apenas três mais genéricas, como as constantes no antigo Plano Diretor.

Provavelmente, nos dados apresentados por Silva (2017), os autores consideraram as classes plano e suave ondulado como uma classe mais generalizada denominada “plano”. Somando-se as áreas de relevo plano com as de relevo suave ondulado da Figura 3, temos que elas juntas representam cerca de 14,16% do relevo que ocorre no município. Da mesma forma, provavelmente os autores uniram os valores das classes de relevos forte ondulado, montanhoso e escarpado em uma classe genérica denominada “montanhosa”, uma vez que ao somarmos os valores obtidos por meio do mapa temático elaborado neste trabalho, as três somadas perfazem 45,96% do território.

Figura 3. Mapa de Classes de Relevo do município de Felício dos Santos – MG, 2025.

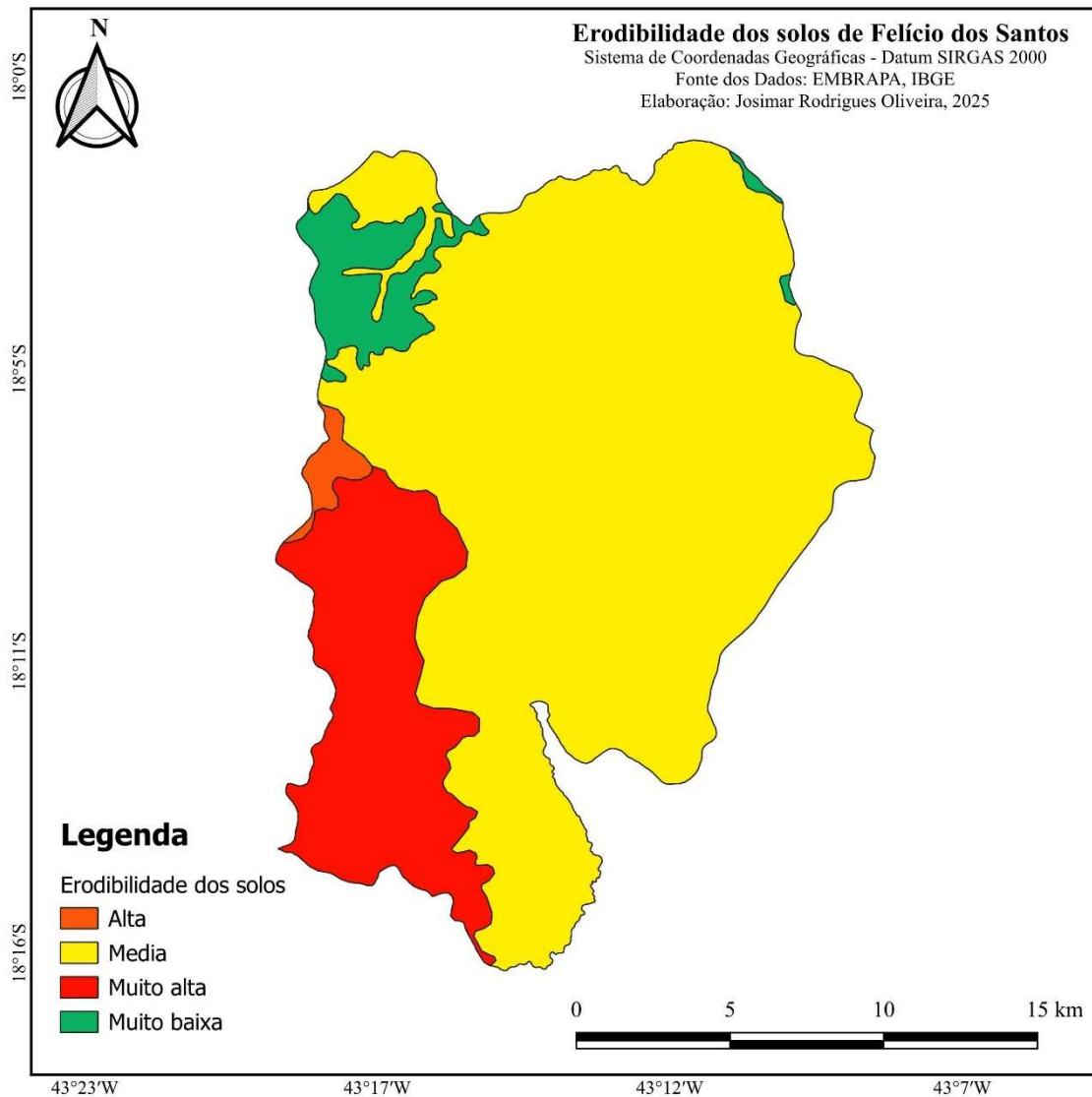


Neste estudo, entretanto, entende-se que para a interpretação técnica-científica mais adequada, deve-se utilizar a classificação de relevo de Santos *et al.*, 2015, uma vez que ao englobar tudo como plano, omite a informação de que na verdade há maior ocorrência de feições suave onduladas, da mesma forma em que há predominantemente feições forte onduladas dentro do que se denominou genericamente como “montanhoso” no documento de planejamento municipal.

Como foi observado que a maior parte do território de Felício dos Santos possui relevo variando de suave ondulado a forte ondulado (91,44%), com a ocorrência predominante de Argissolos, há que se preocupar com a mitigação de processos erosivos ao pensar no uso e ocupação destas áreas com a finalidade agrícola. A erodibilidade dessas áreas (Figura 4) é um importante definidor do Potencial Agrícola em âmbito municipal. Zaroni e Santos (2021) relatam que os Argissolos tendem a ser mais suscetíveis aos processos erosivos devido à sua relação textural presente nos horizontes, o que causa taxas de infiltração de água diferentes tanto sub quanto superficialmente.

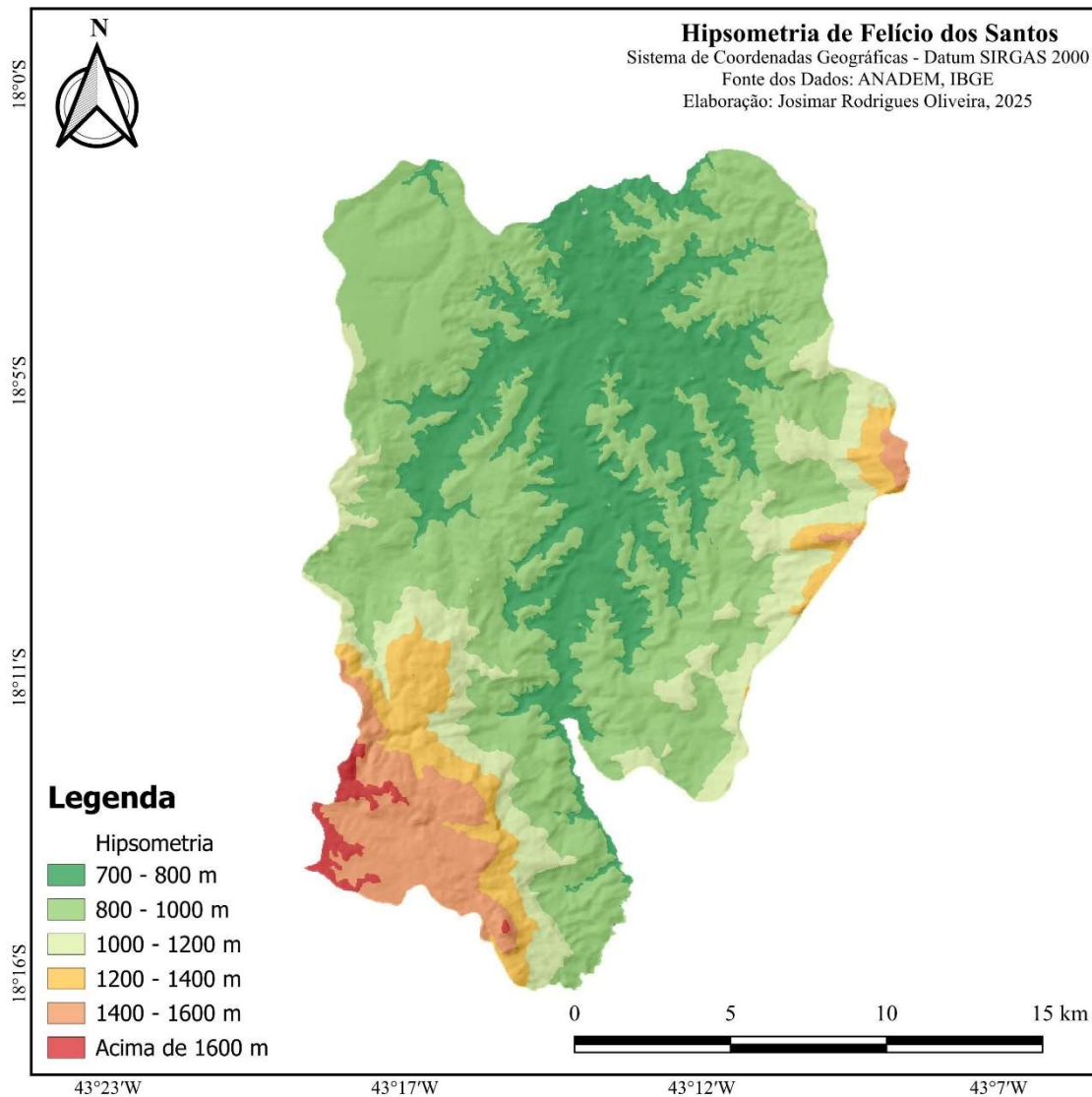
Por meio do mapa temático de erodibilidade apresentado na Figura 4, foi observado que 76,15% do território apresenta média erodibilidade, enquanto outros 17,58% apresentam erodibilidade muito alta. Zaroni e Santos (2021) destacam que locais onde existem solos mais porosos com texturas mais leves ou textura média e de menor relação textural há maior possibilidade de haver boa permeabilidade, sendo, portanto, regiões menos suscetíveis à erosão.

Figura 4. Mapa de Erodibilidade dos Solos de Felício dos Santos – MG, 2025.



A altitude também é um fator importante para a definição do potencial agrícola e para a definição de culturas agrícolas específicas a serem implementadas em determinadas localidades. Em razão disso, a Figura 5 apresenta o mapa hipsométrico do município de Felício dos Santos, onde pode-se observar a existência de 25,32% do território com altitudes variando entre 700 a 800 metros; 49,53% de 800 a 1000 metros; 11,64% nas faixas de 1000 a 1200 metros; 5,73% de 1200 a 1400 metros; 6,70% nas altitudes de 1400 a 1600 metros e apenas 1,08% em altitudes mais elevadas que 1600 metros.

Figura 5. Mapa Hipsométrico do município de Felício dos Santos – MG, 2025.



De acordo com Magalhães (2024), o município de Felício dos Santos se declara como a terra do urucum (*Bixa orellana* L.) *in natura*. No trabalho de Silva (2017), a autora também destacava a importância desta cultura perene no referido município e que naquela época, 100% da produção era advinda da agricultura familiar. Silva e Ribeiro (2019) relatam que a cultura do urucum pode ser cultivada desde o nível do mar até altitudes de 1000 metros. Portanto, com base nas informações destes autores acerca da adaptabilidade da cultura e considerando que aproximadamente 75% do território do município de Felício dos Santos tem altitudes que variam entre 700 a 1000 metros, há um grande potencial para a expansão e fortalecimento desse cultivo no município, visando até mesmo a sua implementação em áreas possivelmente

degradadas, que podem se tornar fonte de renda sustentável.

Silva e Ribeiro (2019) destacam que regiões com altitude acima de 1000 metros estão sujeitas a ocorrência de geadas moderadas e fortes durante o inverno, o que é desfavorável a cultura do urucum. No ano de 2021, o município de Felício dos Santos alcançou a posição de maior produtor de urucum do Brasil com uma produção histórica de 800 toneladas no ano (IBGE, 2021). Atualmente, o município encontra-se na terceira posição do *ranking* nacional e mantém a primeira posição como maior produtor de urucum de Minas Gerais com uma produção de 700 toneladas/ano em uma área de 350 ha (IBGE, 2023c).

A segunda cultura agrícola mais relevante no município de Felício dos Santos é a do café (*Coffea arabica* L), que alcançou uma produção de 1.052 toneladas em uma área de 297 ha na safra de 2023, ocupando a 220^a posição no *ranking* estadual de produção (IBGE, 2023c). Em termos de altitude, o café arábica pode ser cultivado em áreas que variam de 400 a 1300 metros, sendo a faixa ideal cerca de 1000 metros (MOURA *et al.*, 2019; BOTELHO *et al.*, 2010), ou seja, também há grande possibilidade de expansão desse tipo de cultivo na região, onde houver condições edafoclimáticas propícias, além da questão hipsométrica.

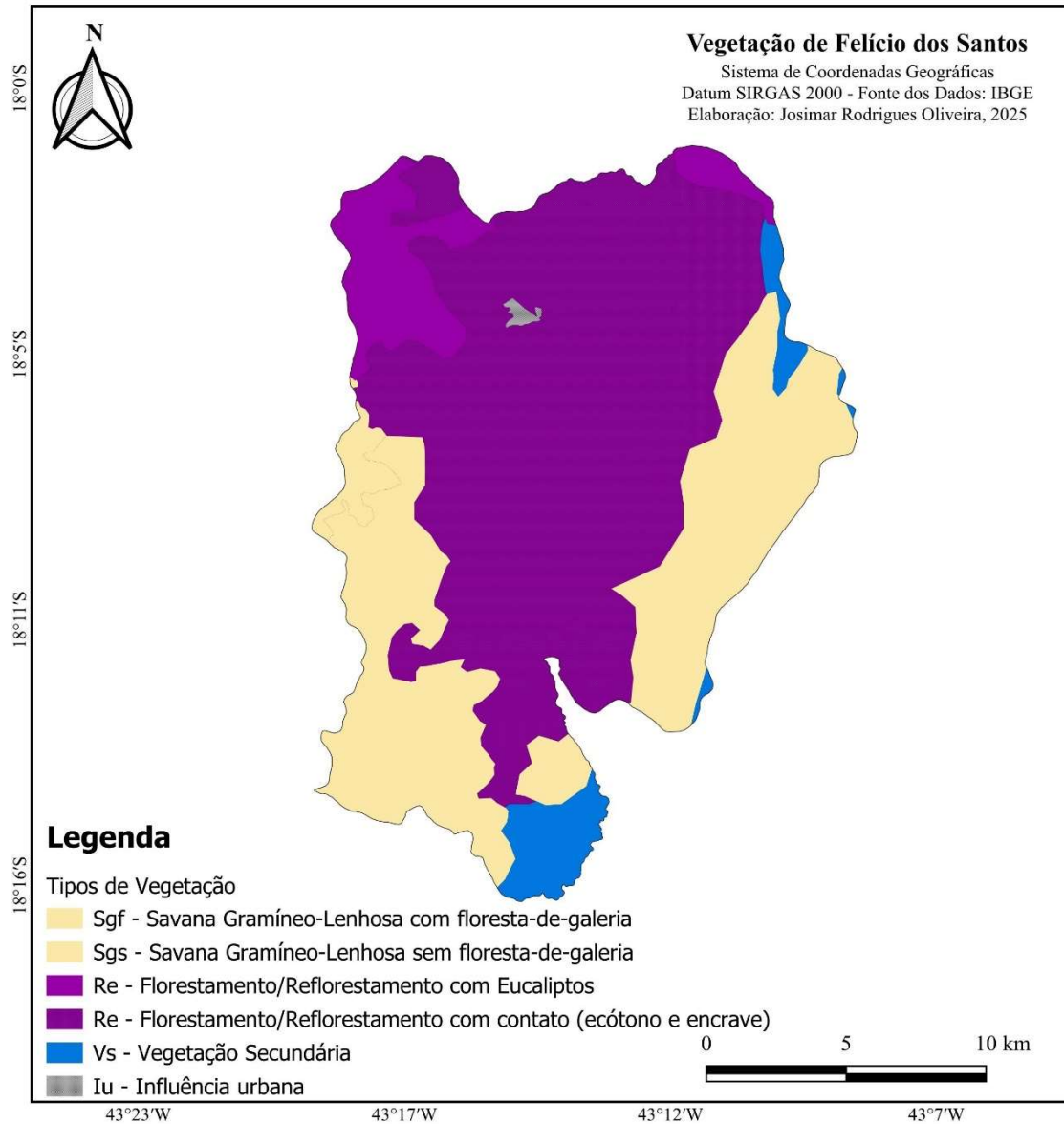
As condições edafoclimáticas também favorecem a ocorrência natural de determinados tipos de vegetação no território do município, que estão apresentados na Figura 6. Neste contexto, observou-se em Felício dos Santos a ocorrência predominante (55%) de áreas de Florestamento/Reflorestamento com contato (ecótono e enclave).

O ecótono é a mistura florística entre tipos de vegetação com estruturas fisionômicas semelhantes (IBGE, 2012). No caso de Felício dos Santos, observa-se por exemplo, por vezes indivíduos típicos nativos de mata atlântica inseridos em áreas de cerradão, formando tal ecótono. Esse tipo de vegetação é impossível de ser detectado no mapeamento por simples fotointerpretação porque os elementos que se misturam são indivíduos isolados e dispersos, formando conjuntos geralmente muito homogêneos ou uniformes (IBGE, 2012).

Por outro lado, o enclave ou mosaico de áreas enclavadas são áreas disjuntas que se conectam, não oferece dificuldade em ser delimitada, seja para os tipos de vegetação com estruturas fisionômicas semelhantes ou para aqueles com estruturas diferentes (IBGE, 2012). Um exemplo, que pode ser observado no âmbito do município estudado, seria a ocorrência de manchas ou reboleiras de Savana Florestada dentro

de uma área predominantemente dominada por Savana Gramíneo-Lenhosa sem floresta de galeria, elas seriam facilmente destacadas na paisagem.

Figura 6. Mapa de tipos de Vegetação do município de Felício dos Santos – MG, 2025.

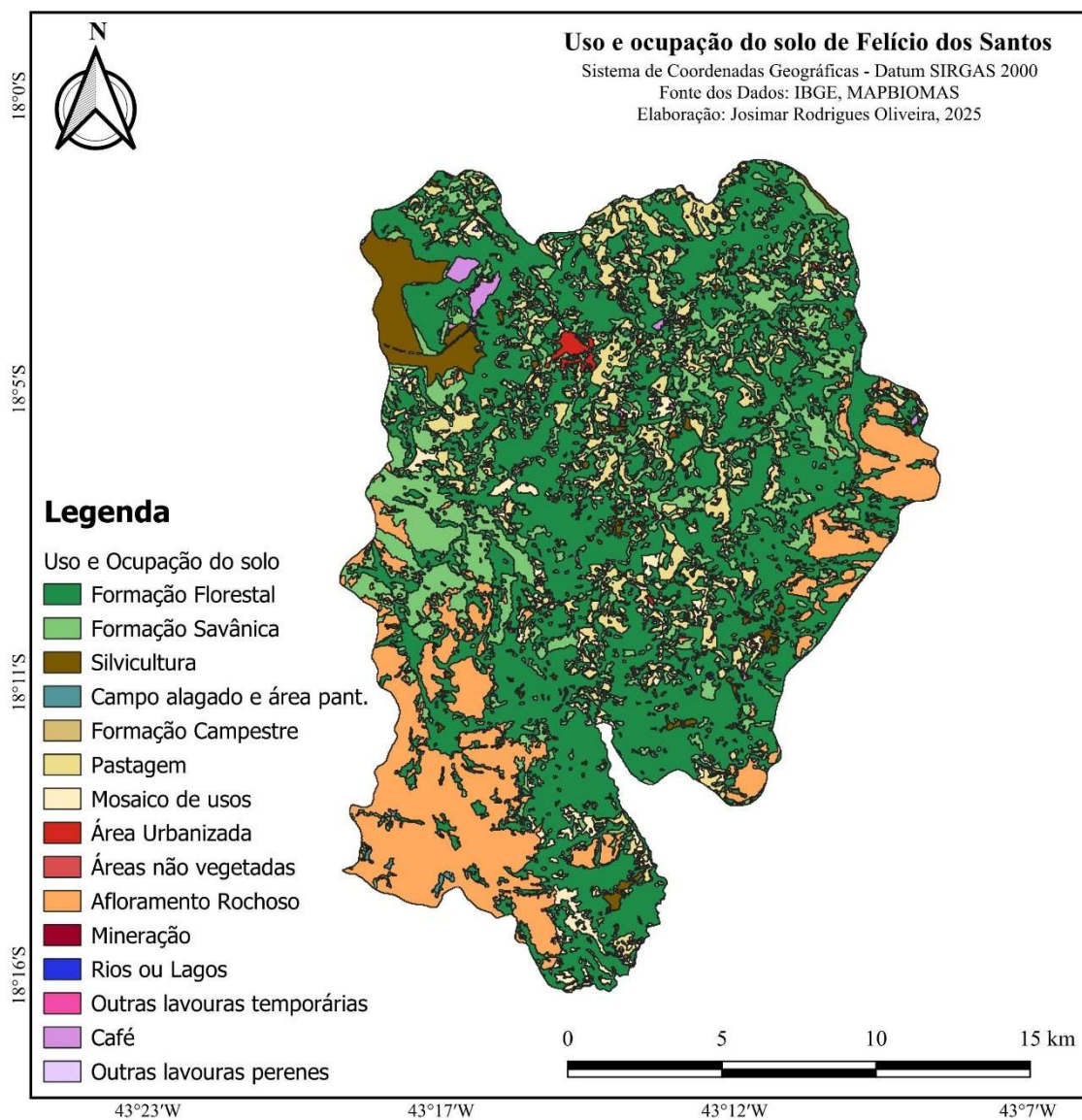


O segundo tipo de vegetação que mais ocorre no território municipal são as savanas gramíneo-lenhosas, que somadas equivalem a cerca de 33%. A vegetação secundária (Figura 6) encontra-se localizada, principalmente, em áreas de mata atlântica.

Por fim, na Figura 7 são apresentados os dados de uso e ocupação do solo no município de Felício dos Santos. O município ainda possui cerca de 82% da sua vegetação natural preservada. Desta totalidade, a área do território ocupada por

Formação Florestal é da ordem de 47,49% e de Formação Savânica corresponde a 19,76%. A área territorial do município coberta por pastagens equivale a 8,61%, seguida pelo mosaico de usos (geralmente áreas de agricultura associada a pecuária) que corresponde a 5,40%; a silvicultura (formada principalmente por cultivo de espécies de eucalipto) representa 3,41%; a cafeicultura ocupa algo em torno de 0,54% e outras lavouras temporárias e perenes somadas perfazem 0,03% da cobertura do território.

Figura 7. Mapa de Uso e Ocupação do Solo em Felício dos Santos – MG, 2025.



A cultura do urucum, que atualmente ocupa aproximadamente 350 ha (IBGE, 2023c) ou 3,5 km², provavelmente está contabilizada nas áreas de mosaico de usos (em razão da resolução espacial de 30 metros do dado original), cuja área total somada corresponde a cerca de 19,32 km² do território de Felício dos Santos. A referida cultura agrícola não está contabilizada na classe “Outras Lavouras Perenes” do mapa temático de uso e ocupação do solo apresentado na Figura 7, pois, esta última corresponde a uma área de apenas 0,006 km² no território municipal. Apesar da grande relevância municipal da cultura do urucum e dela ser a grande responsável por elevar o nome do município a nível estadual e nacional, os 3,5 km² ocupados pela cultura correspondem a apenas 0,98% da cobertura vegetal do território municipal.

3.2 Potencial Agrícola do município de Felício dos Santos (1ª aproximação)

Com base nos dados de classes de solos, classes de relevo, erodibilidade, hipsometria, tipos de vegetação e uso e ocupação do solo, até aqui discutidos, por meio da álgebra de mapas e a metodologia de Oliveira (2021), chegou-se a primeira aproximação do mapa temático de potencial agrícola do município de Felício dos Santos (Figura 8). Machado *et al.* (2017) ressaltam que o conhecimento do potencial agrícola das terras é fundamental para que seu uso seja adequado.

Em resumo, são apresentadas quatro classes de potencial agrícola, as quais podem ser interpretadas da seguinte maneira: 1) Alto: áreas propícias para o cultivo de plantas de ciclo curto, plantas perenes, pastagens (cultivada ou natural) e silvicultura, com baixo impacto ambiental e passível de mecanização; 2) Médio: áreas propícias para o cultivo de plantas de ciclo curto; plantas perenes, pastagens (cultivada ou natural) e silvicultura, com médio impacto ambiental, com possibilidade de mecanização em áreas com, no máximo, 20% de declividade e que carecem da utilização de técnicas de conservação dos solos e da água (como terraceamento e plantios em nível, por exemplo); 3) Baixo: áreas razoavelmente propícias para o cultivo de plantas com raízes pouco profundas (ex: olerícolas), exploração de alguns poucos tipos de cultivos a nível familiar para subsistência e extrativismo vegetal; limitação ou inadequabilidade para o cultivo de plantas perenes, pastagens cultivadas e silvicultura; alto impacto ambiental (áreas passíveis de forte erodibilidade, ravinamento e voçorocamento); não há possibilidade de mecanização nestas áreas e 4) Inapto: áreas sem potencial agrícola, que devem ser, prioritariamente, destinadas

a preservação da fauna, da flora, da sua litologia e da geomorfologia local, podendo ser utilizada para fins recreativos sustentáveis (ecoturismo e turismo rural) por meio da criação de áreas de preservação ambiental municipal, estações ecológicas, parques estaduais ou nacionais, reservas particulares do patrimônio natural, entre outras.

Por meio deste mapa apresentado na Figura 8, pode-se observar que a maioria do território (46,50%) do município de Felício dos Santos enquadrou-se na classe de médio potencial agrícola e outros 20,53% foram classificadas como de alto potencial agrícola. Somadas as duas classes, tem-se que 67,03% de suas terras possuem condições adequadas para o desenvolvimento de atividades agrícolas diversas, podendo adotar tecnologias de mecanização em diversas destas áreas e promover o desenvolvimento rural sustentável do município, gerando emprego e renda.

Pode-se observar que as áreas classificadas como de alto potencial agrícola (Figura 8) foram aquelas onde, predominantemente, ocorre a classe dos Latossolos (LVAd e LVd) e Argissolos Vermelho-Amarelo Alumínicos (PVAa) associada com relevo variando de plano a ondulado e a altitudes entre 700 a 1000 metros (Figuras 2, 3 e 5), além de uma erodibilidade muito baixa ou média (Figura 4). Estas áreas de alto potencial foram identificadas na porção noroeste do município de Felício dos Santos, onde majoritariamente estão ocupadas com as culturas do eucalipto, café e urucum. Também foram observadas manchas com alto potencial agrícola nas regiões norte, central, nordeste e uma maior faixa na região sul do município.

A região classificada como de alto potencial agrícola localizada no sul do município possui um relevo um pouco mais movimentado em relação as demais áreas e conseqüentemente uma classe de erodibilidade média (Figuras 3 e 4), com a ocorrência majoritária das classes de relevo variando de ondulado a forte ondulado. No entanto, como o fator relevo assume um peso de aproximadamente 17% na equação da modelagem utilizada neste trabalho, verificou-se que pode ter ocorrido uma superestimação do potencial agrícola nesta localidade em razão da associação dos fatores classe de solos e hipsometria - que são as variáveis de maior peso - com a qualidade de escala e resolução espacial dos dados utilizados na álgebra de mapas. Na referida região, há ocorrência predominante de LVAd. Almeida *et al.* (2021) relata que esse tipo de solo naturalmente possui limitações químicas e baixa quantidade de água disponível que pode limitar o crescimento radicular. No entanto, são fatores passíveis de correção por meio da aplicação de corretivos, condicionadores de solo e

fertilizantes, bem como os possíveis déficit hídricos podem ser amenizados com investimentos em tecnologias de irrigação. Por isso, são considerados solos com alto potencial agrícola neste tipo de modelagem. Estes mesmos autores destacam que por serem profundos e porosos ou muito porosos, os LVA apresentam condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade.

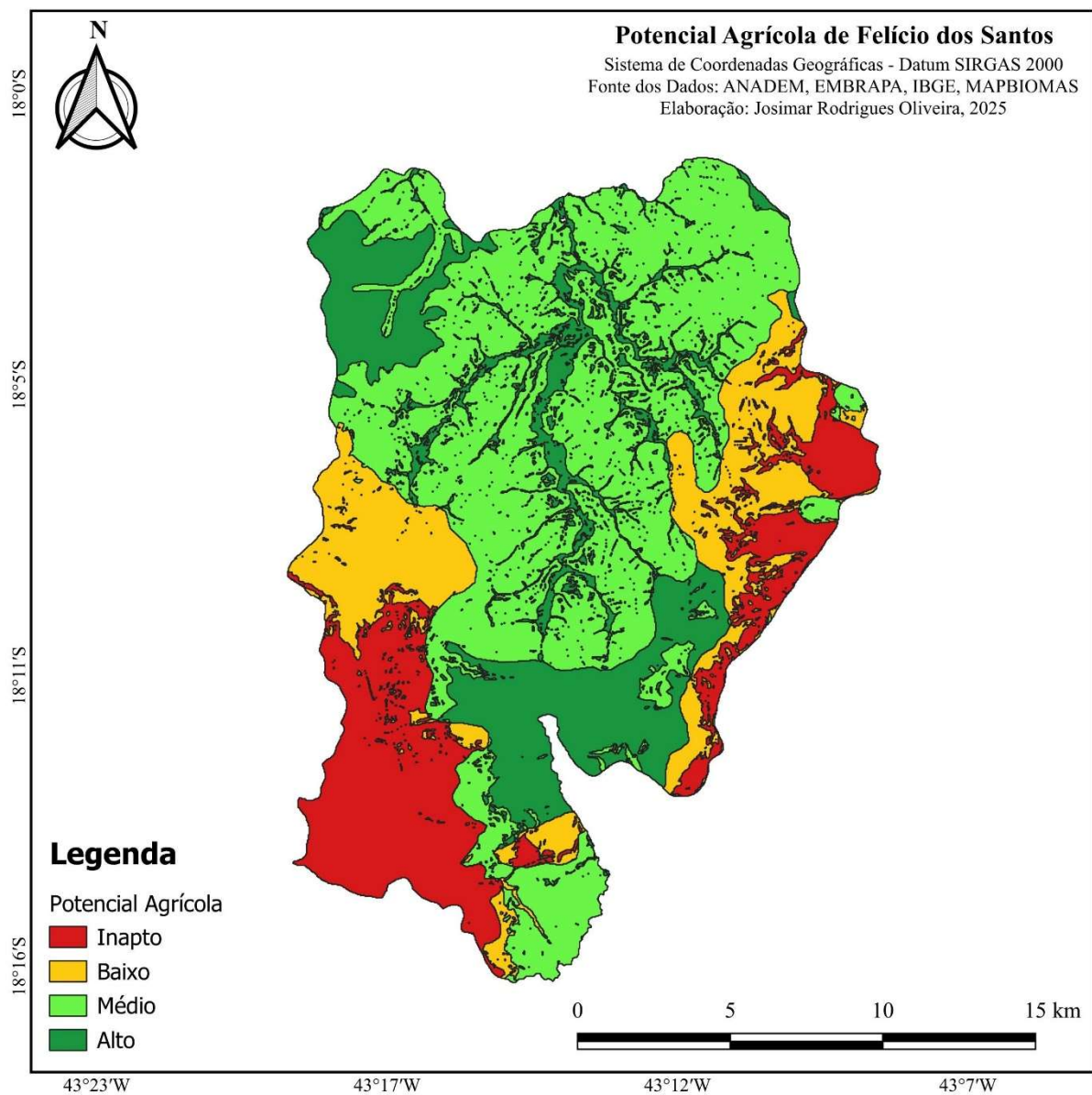
O avanço dos estudos físico-ambientais e a possibilidade de se obter dados mais refinados, por meio da disponibilidade de arquivos vetoriais com escala grande e arquivos matriciais com melhor resolução espacial, permitirá subdividir essa região em localidades, que certamente, se enquadrarão em médio e baixo potencial agrícola. A delimitação e classificação de uma determinada área como de alto, médio, baixo potencial agrícola ou inapta, pelo modelo, não significa que toda aquela região classificada é inteiramente pertencente àquela classe, mas sim, predominantemente. Desta forma, de acordo com essa primeira aproximação do mapa de potencial agrícola do município de Felício dos Santos, aquela região na porção sul deve ser interpretada como predominantemente de alto potencial agrícola. No entanto, na referida região, por meio do mapa temático de uso e ocupação do solo (Figura 7), vemos que apesar de se identificar a ocorrência de atividades de silvicultura, pastagem e mosaico de usos diversos, o território está amplamente preservado com Formação Florestal nativa, com a ocorrência de ecótonos e encaves como foi visto na Figura 6.

As regiões onde existe a associação da classe dos Argissolos com relevo variando, majoritariamente, entre as classes ondulado a forte ondulado, erodibilidade média e variação de altitude de 700 a 1000 metros, foram classificadas pelo modelo como de médio potencial agrícola. Em termos de uso e ocupação do solo, também há predominância da Formação Florestal nativa, no entanto nota-se que as atividades antrópicas nesta região, naturalmente, já são mais elevadas e diversificadas, com a ocorrência de silvicultura, muitas áreas destinadas a pastagem, bem como áreas de cafeicultura, mosaicos de usos e lavouras temporárias (Figura 7). Zaroni e Santos (2021), ressaltam o potencial de utilização de Argissolos para fins agropecuários desde que se realize um manejo adequado com a adoção de correção, adubação e de práticas conservacionistas para o controle da erosão.

É importante destacar que, a possível expansão da atividade agropecuária em áreas atualmente ocupadas por vegetação nativa, especialmente aquela de Formação Florestal, deve ser preterida em vistas da possibilidade de recuperação de áreas que já se encontram abertas e que assumem baixa produtividade por degradação, falta de

assistência técnica e falta das mínimas tecnologias de produção adequadamente aplicadas à agropecuária local. Dados do Censo Agropecuário do IBGE (2017) mostraram que aproximadamente 92% dos estabelecimentos rurais de Felício dos Santos não recebiam orientação técnica e sequer aplicaram calcário em suas áreas de cultivo; 25% não realizaram nenhum tipo de adubação e 45% não utilizaram nenhum sistema de preparo do solo.

Figura 8. Mapa de Potencial Agrícola de Felício dos Santos - MG, 2025.



As áreas de baixo potencial agrícola (15,60%) ocorrem, principalmente nas porções leste, oeste, sudoeste e parte do sul do território municipal de Felício dos

Santos associados ou próximo das áreas consideradas como inaptas para fins agrícolas (17,37%). As áreas classificadas como de baixo potencial são aquelas que apresentam solos rasos como os Neossolos Litólicos Distróficos, os Cambissolos Háplicos Tb Distróficos e até mesmo regiões de Afloramentos de Rochas com solos inclusos ou associados combinado com a ocorrência de relevos variando predominantemente forte ondulado a montanhoso e com altitudes entre 1000 a 1200 metros, que já começa a ser limitante para o cultivo de muitas culturas agrícolas.

De acordo com Ometto (1981), em pequenas distâncias podem ocorrer uma grande variação de temperatura advindas dos efeitos da variação da altitude ($\pm 0,6$ °C para cada 100 metros) e nebulosidade e não da latitude. Há também maior ocorrência de Formação Savânica, especialmente de campos rupestres. Tais fatores associados já limitam bastante as atividades agropecuárias nestas regiões.

Nas regiões classificadas como inaptas, predomina a ocorrência de afloramentos de rocha e Neossolos Litólicos Distróficos, associados a uma altitude que varia de 1200 até mais de 1600 metros e a ocorrência de relevos que variam de forte ondulado a escarpado, região onde a erodibilidade é classificada de alta a muito alta. Tais áreas devem ser prioritariamente destinadas a preservação da fauna e da flora local, especialmente por ser um município localizado na Reserva da Biosfera do Espinhaço, onde ocorrem muitas espécies endêmicas importantes.

Na região oeste, sudoeste e sul do município, onde aparecem as colorações amareladas (baixo potencial agrícola) e avermelhadas (Inapta) - Figura 8 - inclusive já existe a delimitação oficial da Área de Proteção Ambiental (APA) Municipal Felício, que foi criada pela Lei Municipal nº 502, de 24 de março de 2003 (FELÍCIO DOS SANTOS, 2003), ocupando uma área de aproximadamente 114,76 km² e o extremo sul do município é cortado pela delimitação da Área de Proteção Ambiental Estadual das Águas Vertentes, criada por meio do Decreto Estadual nº 39.399, de 21 de janeiro de 1998 (MINAS GERAIS, 1998), que ocupa cerca de 14 km² do território municipal.

A existência de Unidades de Conservação ambientais já delimitadas sobre áreas classificadas como inaptas e de baixo potencial agrícola podem ser usadas como um dos indicadores da convergência da metodologia de modelagem utilizada neste trabalho, com a realidade local, podendo ser utilizado como um mecanismo de validação do resultado obtido, além das incursões de campo. Nesse sentido, Oliveira (2021) também observou que, no município de Couto de Magalhães de Minas, a delimitação de três Unidades de Conservação passava exatamente por áreas cuja

classificação predominante foi baixo potencial agrícola e inapto.

Além disso, a parte leste do município também confronta com o Parque Estadual do Rio Preto, criado pelo Decreto Estadual nº 35.611, de 1º de junho de 1994 (MINAS GERAIS, 1994) e em parte da delimitação sul e sudeste do município de Felício dos Santos também há contato de confronto com a delimitação da Área de Proteção Ambiental (APA) Municipal Serra do Gavião, criada pelo município de Rio Vermelho-MG por meio da Lei Municipal nº 879, de 1º de agosto de 2001 e alterada pela Lei Municipal nº 1.259, de 06 de junho de 2016 (RIO VERMELHO, 2001; RIO VERMELHO, 2016).

Dentro deste contexto, considerando a área amarelada (baixo potencial) e avermelhada (inapta) que vai desde parte do nordeste, todo o limite municipal leste e parte do sudeste de Felício dos Santos, observada na Figura 8, o poder público municipal pode estudar a oportunidade e conveniência de se criar uma segunda Área de Proteção Ambiental (APA) Municipal com área de aproximadamente 50 km² ou mesmo integrar esta área a àquela Unidade de Conservação já existente por meio de uma lei que altere a delimitação da APA existente, o que traria um importante incremento aos cofres públicos por meio do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) Ecológico.

Portanto, tanto pela existência de Unidade de Conservação em área classificada como de baixo potencial agrícola e inapta, bem como pelos registros fotográficos realizados na incursão de campo (Figuras 9 a 12), verificou-se que houve coerência dos resultados obtidos, dentro das possibilidades de resolução espacial (matriciais com 30 metros) e de escala (vetoriais de 1:250.000) dos dados originalmente obtidos para elaboração dos mapas temáticos que foram utilizados na álgebra de mapas, conforme metodologia sugerida por Oliveira (2021).

Figura 9. Áreas de alto potencial, ocupadas com a cultura do eucalipto (esquerda) e com cafeicultura (direita), em região de ocorrência de Latossolos Vermelhos distróficos. Felício dos Santos - MG, 2025.



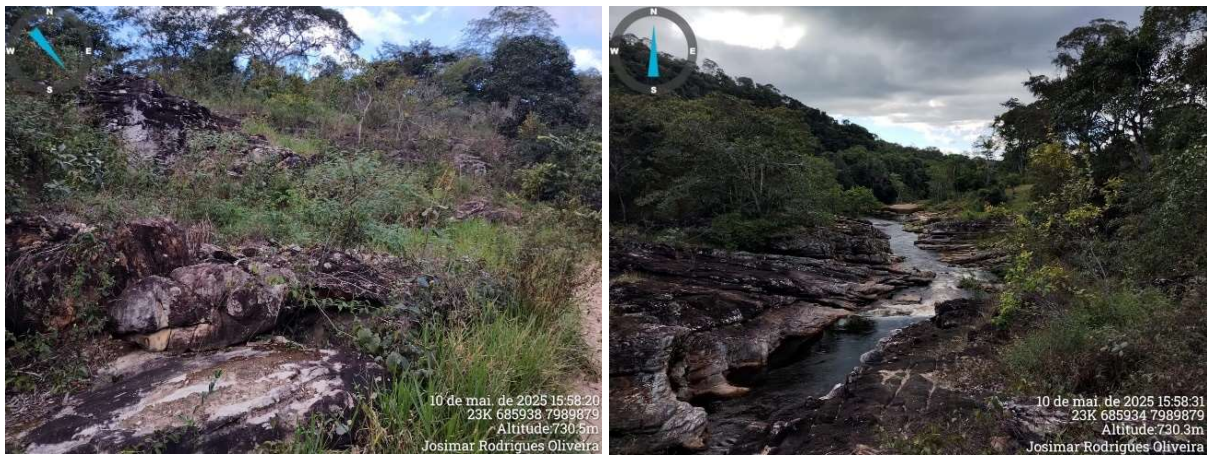
Figura 10. Áreas de médio potencial, ocupadas com as culturas do urucum, eucalipto (esquerda) e pastagens nativas (direita) sobre Argissolos Vermelho-Amarelos. Felício dos Santos - MG, 2025.



Figura 11. Áreas de baixo potencial com moradia e alguns cultivos (esquerda), vegetação nativa com pastagem aberta ao fundo e vista da Serra do Gavião (direita). Felício dos Santos - MG, 2025.



Figura 12. Áreas inaptas a atividade agrícola com muitos afloramentos de rocha e ocorrência de Neossolos Litólicos (esquerda), destaque para o Rio Araçuaí (direita). Felício dos Santos - MG, 2025.



4 CONCLUSÃO

A metodologia de modelagem e mapeamento utilizada mostrou-se adequada, dentro das possibilidades de qualidade espacial e de escala das fontes de dados utilizadas, para proceder a confecção do mapa temático de potencial agrícola do município de Felício dos Santos, uma vez que se observou coerência do mapeado com o observado em campo e com a delimitação de unidade de conservação existente.

Esta primeira aproximação do mapa de potencial agrícola do município de Felício dos Santos mostrou que a maior parte do território (46,50%) foi classificado como médio potencial agrícola; outros 20,53% foram classificadas como de alto potencial agrícola e apenas 15,60% foram enquadradas como de baixo potencial agrícola. As áreas inaptas para fins agrícolas foram da ordem de 17,37%.

Além disso, verificou-se também que há a viabilidade do município ampliar a delimitação da Área de Proteção Ambiental (APA) Municipal já existente em, pelo menos, 50 km² ou criar uma nova APA, agregando recursos ao orçamento municipal via ICMS Ecológico.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.P.C.; SANTOS, H.G. ; ZARONI, M.J. **Latossolos Vermelho-Amarelo**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-vermelho-amarelos>. Acesso em: 17 maio 2025.
- ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Base Hidrográfica Ottocodificada da Bacia do Rio Jequitinhonha**. Escala 1:100.000. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: < <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/08cb775f-c6e4-4d49-9b3a-40655e802b55>>. Acesso em 05 de jan. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006**: Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm>. Acesso em: 15 de nov. 2024.
- BOTELHO, C.E.; REZENDE, J.C.; CARVALHO, G.R.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARENGA, A.P.; RIBEIRO, M.F. Preparo do Solo e Plantio: Instalação do cafezal. In: REIS, P.R.; CUNHA, R.L. (Ed. Técnicos). **Café arábica: do plantio a colheita – Volume 1**. Lavras: EPAMIG, 2010. 895 p.
- DALTIO, J.; SPADOTTO, C. A.; SANTOS, B. B. O.; FOIS, N. S.; MARTINHO, P. R. R.; TRAJANO, S. R. S.; HOLLER, W. A. **Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – Aspectos Computacionais**. Campinas, SP: Embrapa Gestão Territorial, 2012. 14 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/960722/1/COMUN-TECNICO-1-GESTAO-TERRITORIAL-Infraestrut-Nac-Dados-Espac-ed01-2013.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.
- DOMENE, S. M. A.; AGOSTINI, K.; PINTO DE ALMEIDA, G. N.; CAMARGO, R. G. M.; CARVALHO, A. M.; CORRÊA, F. E.; DELBEM, A. C. B.; DOMINGOS, S. S.; DRUCKER, D. P.; MARCHIONI, D. M. L.; MARTINS, I. P.; MONTEDO, U. B.; RIBEIRO, E. M. S.; SANTIAGO, R. A. C.; SILVA, R. F.; SOARES, F. M.; STELUTI, J.; SARAIVA, A. M. Segurança alimentar: reflexões sobre um problema complexo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 37, n. 109, p. 182–205, set./dez. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/fWcBkcLhN577MztGLnddSDn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa de erodibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil (Primeira aproximação)**. Escala 1:250.000. In: EMBRAPA. GEOINFO: infraestrutura de dados espaciais da Embrapa. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em:

https://geoinfo.dados.embrapa.br/datasets/geoinfo_data:geonode:brasil_erosibilidade_e_solo/metadata_detail. Acesso em: fev. 2025.

FELÍCIO DOS SANTOS. **Lei Municipal nº 502, de 24 de março de 2003**: Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental - APA “FELÍCIO” no município de FELÍCIO DOS SANTOS e contém outras providências. Felício dos Santos-MG: Câmara Municipal. 2003. (Documento Impresso)

FRANCELINO, Marcio Rocha; PINHEIRO, Helena Saraiva Koenow; CONDÉ, Viviane Flaviana; PEREIRA, Luís Flávio. **Tecnologias para Mapeamento de Solos, Métodos Convencionais e Digitais (Pedometria)**. Curso de Especialização em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos – UniSolos. UAB/IICA/FAPUR, 2025. Apostila didática.

GRASS DEVELOPMENT TEAM. **Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software**, Version 8.4.0. Open Source Geospatial Foundation. Electronic document. 2024. Disponível em: <<http://grass.osgeo.org>>. Acesso em: 10 nov. 2024.

GUIMARÃES, D.P.; REIS, R.J.; LANDAU, E.C. **Índices Pluviométricos em Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 90 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 30).

HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G.; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P. **Geotecnologias na agropecuária: técnicas e aplicações**. In: HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G.; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P. (org.) Geotecnologias: aplicações na cadeia produtiva do leite. Ponta Grossa: Atena, 2022. Cap. 5, p. 20–24. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1140802/1/Geotecnologias-na-agropecuaria-tecnicas-e-aplicacoes.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE (IABS). **Revista Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço – RBSE**. Edição Espacial, v.1, n.1. Brasília: IABS, 2017. Disponível em: <https://editora.iabs.org.br/site/wp-content/uploads/2018/03/RBSE-Vers%C3%A3o-final.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**: Sistema Fitogeográfico, Inventário das Formações Florestais e Campestres, Técnicas e Manejo de Coleções Botânicas, Procedimentos para Mapeamentos. Rio de Janeiro: IBGE, 2012b. 271p. : il.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de pedologia**: guia prático de campo. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 133p. : il.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 02 de mai. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola – Lavoura**

Permanente: Felício dos Santos. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/felicio-dos-santos/pesquisa/15/12059?indicador=12064&ano=2021&tipo=ranking>. Acesso em: 17 mai. 2025.

IBGE. **Potencialidade agrícola natural das terras**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022a. 42 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101980.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População residente, área territorial e densidade demográfica**. In: IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática, Rio de Janeiro, 2022b. Tabela 4714. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/4714>. Acesso em: 11 jun. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Vegetação**. Escala 1: 250.000. In: IBGE. BDIA: banco de dados e informações ambientais. Rio de Janeiro, 2023a. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/vegetacao>. Acesso em: fev. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pedologia**. Escala 1: 250.000. In: IBGE. BDIA: banco de dados e informações ambientais. Rio de Janeiro, 2023b. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>. Acesso em: fev. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola – Lavoura Permanente:** Felício dos Santos. 2023c. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/felicio-dos-santos/pesquisa/15/12059?indicador=12064&ano=2023&tipo=ranking>. Acesso em: 17 mai. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Território:** área da unidade territorial. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2024a. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 de mai. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População estimada:** Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2024. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2024b. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 de mai. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal de Minas Gerais 2024**. Escala 1: 250.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2025a. Disponível em: <https://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2024/>. Acesso em: 29 de abr. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Conheça o BDIA**. In: IBGE. BDIA: banco de dados e informações ambientais. Rio de Janeiro, 2025b. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>. Acesso em: mai. 2025.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. **Gotha**: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall- map 150cm x 200cm.

LAIPELT, L.; COMINI DE ANDRADE, B.; COLLISCHONN, W.; DE AMORIM TEIXEIRA, A.; PAIVA, R.C.D.D.; RUHOFF, A. ANADEM: A Digital Terrain Model for South America. **Remote Sensing**. 16, no. 13: 2321, 2024. <https://doi.org/10.3390/rs16132321>

LEPSCH, I. F.; ESPÍNDOLA, C. R.; VISCHI FILHO; O. J. HERNANI, L. C.; SIQUEIRA, D. S. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 170p.

LIMA, L. A. de S.; NEUMANN, M. R. B.; BRAGA, A. R. dos S.; ROIG, H. L. **Mapeamento de solos do tradicional ao digital**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. 51 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 316)

MACÁRIO, C. G. N.; ESQUERDO, J. C. D. M.; COUTINHO, A. C.; SPERANZA, E. A.; SILVA, J. S. V.; ANTUNES, J. F. G.; VENDRÚSCULO, L. G.; CRUZ, S. A. B. da. **Geotecnologias na agricultura digital**. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; OLIVEIRA, S. R. de M.; MEIRA, C. A. A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, É. L. (org.) *Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas*. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 4, p. 94–118. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1126226/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap4.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

MACHADO, L. N.; LOSS, A.; BACIC, I. L. Z.; DORTZBACH, D.; LALANE, H. C. Avaliação do potencial agrícola e conflitos de uso das terras na microbacia Lajeado Pessegueiro, Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 3, p. 308–323, 2017. DOI: 10.5965/223811711632017308. Disponível em: <https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/223811711632017308>. Acesso em: 16 jun. 2025.

MACHADO, P. L. O. A.; FERREIRA, C. M.; CARVALHO, M. T. M.; SILVA, M. A. S.; MADARI, B. E. **Mudança do clima e a agropecuária brasileira: noções, mitigação e adaptação**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2022. 36 p. (Série Documentos: Embrapa Arroz e Feijão, n. 322). ISSN 1678-9644. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1148256/1/doc-322-cnparf.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

MAGALHÃES, V.D. **Análise do uso de metodologias participativas com finalidade de aperfeiçoamento da cadeia produtiva do urucum (*Bixa orellana* L.) no município de Felício dos Santos – MG**. ESCAS – Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, 2024. Disponível em: <https://encurtador.com.br/LmujU>. Acesso em: 17 maio 2025.

MANZATTO, C. V.; FREITAS JÚNIOR, E. de; PERES, J. R. R. (org.). Potencial de uso e uso atual das terras. In: _____. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap. 2, p. 13–21. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1168539/1/Potencial->

de-uso-e-uso-atual-das-terras-2002.pdf. Acesso em: 17 jun. 2025.

MAPBIOMAS. **Coleção 9.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. 2023. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>>. Acesso em: 22 de jan. 2025.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 35.611, de 01 de junho de 1994**: Cria o Parque Estadual do Rio Preto, no município de São Gonçalo do Rio Preto. Belo Horizonte: Assembléia Legislativa de Minas Gerais. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&numero=35611&comp=&ano=1994>>. Acesso em: 12 mai. 2025.

MINAS GERAIS. **Decreto Nº 39.399, de 21 de janeiro de 1998**: Dispõe sobre a criação de Área de Proteção Ambiental – APA no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Belo Horizonte: Assembléia Legislativa de Minas Gerais. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&numero=39399&comp=&ano=1998>>. Acesso em: 12 mai. 2025.

MOURA, W.M.; PEREIRA, A.A.; DONZELES, S.M.L.; CAIXETA, G.Z.T; SOARES, S.F.; TANCREDI, F.D.; RIBEIRO, M.F.; OLIVEIRA, A.C.B.; COSTA, E.L.; VENZON, M. **Café (*Coffea arabica* L.)**. In: PAULA JÚNIOR, T.J. de; VENZON, M. (Coord.). **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. 2ª ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 2019. 920 p.

OLIVEIRA, J.R. **Classificação do potencial agrícola de Couto de Magalhães de Minas-MG utilizando ferramentas de geoprocessamento**. Trabalho de Conclusão de Curso - (Especialização em Geoprocessamento Aplicado) - Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Geoprocessamento Aplicado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – *Campus* Diamantina, Diamantina, MG. 2021.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres. 1981. 129 - 132 p

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil. **IDHM 2010**. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/couto-de-magalhaes-de-minas_mg> Acesso em: 01 mai. 2025.

QGIS D.T. – QGIS Development Time. **QGIS Geographic Information System, Version 3.40.4**. Open Source Geospatial Foundation Project. Electronic Archive. 2024. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em 10 de nov. 2024.
RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1995. 65 p.

RIO VERMELHO. **Lei Municipal nº 879, de 1º de agosto de 2001**: Dispõe acerca da criação da Área de Proteção Ambiental - APA Serra do Gavião no Município de Rio Vermelho. Rio Vermelho-MG: Câmara Municipal. 2001. (Documento Impresso).

RIO VERMELHO. **Lei Municipal nº 1.259, de 06 de junho de 2016:** Altera e acrescenta dispositivos à Lei Municipal nº 879, de 1º de agosto de 2001, que dispõe acerca da criação da Área de Proteção Ambiental - APA Serra do Gavião no Município de Rio Vermelho. Rio Vermelho-MG: Câmara Municipal. 2016. Disponível em: < <https://encurtador.com.br/rH8ob>>. Acesso em: 19 de mai. 2025.

SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 7. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 2015. 102 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; LIMA, H.N.; MARQUES, F.A.; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F.. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 6ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2025. 393 p.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of mathematical psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SAATY, T. L. **The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation.** New York: McGraw-Hill International, 1980.

SILVA, Gleice Adriana. **Análise diagnóstico do sistema agrário do município de Felício dos Santos, Minas Gerais.** 2017. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Faculdade de Ciências Agrárias, Diamantina, MG, 2017.

SILVA, F.P.; RIBEIRO, M.F. Urucum (*Bixa orellana* L.). In: PAULA JÚNIOR, T.J. de; VENZON, M. (Coord.). **101 culturas:** manual de tecnologias agrícolas. 2ª ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 2019. 920 p.

SISEMA. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos.** Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2025. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>>. Acesso em: 15 de fev. 2025.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and Control**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965

ZADEH, L. A. Fuzzy logic: a personal perspective. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 281, p. 4-20, 2015.

ZARONI, M.J.; SANTOS, H.G. **Argissolos.** Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/argissolos>. Acesso em: 17 maio 2025.