



JHONATA SANTOS SANTANA

**POTENCIAL PARA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE - MG**

**LAVRAS - MG
2021**

JHONATA SANTOS SANTANA

**POTENCIAL PARA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO GRANDE - MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Fabio Moreira da Silva
Orientador

**LAVRAS - MG
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Santana, Jhonata Santos.

Potencial para mecanização agrícola da Bacia
Hidrográfica do Rio Grande - MG / Jhonata Santos Santana. -
2021.

97 p.

Orientador(a): Fabio Moreira da Silva.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal
de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Geoprocessamento. 2. Declividade. 3. Manejo agrícola.
I. da Silva, Fabio Moreira. II. Título.

JHONATA SANTOS SANTANA

**POTENCIAL PARA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO GRANDE - MG**

**POTENTIAL FOR AGRICULTURAL MECHANIZATION OF THE RIO GRANDE
BASIN - MG**

Dissertação Apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área concentração de Máquinas e Mecanização Agrícola, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 10 de dezembro de 2021

Dr. Fabio Moreira da Silva

UFLA

Dr. Wilson Araújo da Silva

UEMASUL

Dr. Marcelo de Carvalho Alves

UFLA



Dr. Fabio Moreira da Silva
Orientador

**LAVRAS - MG
2021**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, por me ceder essa oportunidade, onde considero um privilégio ter conhecido Lavras e estudado aqui.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFLA, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao professor Fábio Moreira da Silva, por me deixar seguir sozinho, mas principalmente por sempre estar presente quando precisei.

Áos meus antigos professores na graduação Cristiane Matos e Wilson Araújo, “meu grande incentivador, que me ajudou a trilhar este caminho”.

À minha querida Alice, por estar sempre ao meu lado. É um privilégio ter ao meu lado uma pessoa tão maravilhosa como você.

Aos amigos Nicolas Pereira e Guilherme Matias, meus agradecimentos pelo companheirismo e horas que estudamos juntos, valeu.

Aos professores e funcionários do PPGEA/UFLA que contribuíram para este momento.

Agradeço.

Enfim, a todos que não foram citados, mas que de alguma forma direta ou indiretamente, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

Este trabalho foi realizado a partir de dados de solos do Levantamento exploratório de solos do Estado de Minas Gerais, e teve como objetivo utilizar técnicas de geoprocessamento para mapear áreas aptas à mecanização em função dos principais fatores limitantes à mecanização agrícola dos solos, visando oferecer subsídios à gestão agrícola das áreas no entorno da bacia do Rio Grande em Minas Gerais. A vertente mineira da bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG) abrange cinco importantes mesorregiões do estado de Minas Gerais, sul e sudoeste de minas, triângulo mineiro e alto do Parnaíba, oeste de minas, campo das vertentes e zona da mata. As regiões do sul e sudoeste de minas, triângulo mineiro e alto do Parnaíba correspondem por mais de 50% da produção agropecuária do estado de Minas. Sendo assim é notória a importância socioeconômica das atividades agropecuárias desenvolvidas na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, mais especificadamente, nas mesorregiões do Triângulo Mineiro e sul e sudoeste de minas se destaca como uma das principais regiões do agronegócio nacional, tendo destaque para os seguintes produtos: cana-de-açúcar, soja, milho, café, laranja e criação de gado tanto de corte quanto leiteiro. Os mapas espacializados, com os fatores do solo limitantes à mecanização agrícola, foram obtidos através da interpretação das características das diferentes classes de solos encontradas no Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado de Minas Gerais. Esta classificação foi realizada através da interpretação das características das classes de solos observadas na área de estudo e enquadramento em relação aos fatores de limitantes à mecanização agrícola: pedregosidade, profundidade efetiva, textura, drenagem e declividade. Os mapas com as informações quantitativas desses cinco fatores limitantes descritos, foram combinados por tabulação cruzada (com pesos iguais) para resultar no mapa geral de classes de impedimento à mecanização. Os resultados mostraram que em 1,42% da área não existe qualquer impedimento à mecanização; 66,59% com impedimento ligeiro; 13,11% com impedimento moderado; 3,13% com impedimento forte e 15,75% da área com impedimento muito forte à mecanização. O levantamento mostrou que a declividade é o fator de impedimento de maior preponderância à mecanização na área da área da Bacia do Rio Grande-MG, apresentando o maior índice de limitação entre todos os fatores analisados. O estudo constitui uma ferramenta imprescindível para desenvolvimento regional, fornecendo informações de fundamental importância visando a elaboração de diagnósticos para o uso, manejo agrícola e conservação das terras da Bacia hidrográfica do Rio Grande-MG.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Declividade. Manejo agrícola.

ABSTRACT

This work was carried out based on soil data from the Exploratory Soil Survey of the State of Minas Gerais, and aimed to use geoprocessing techniques to map areas suitable for mechanization due to the main limiting factors for agricultural soil mechanization, in order to provide subsidies the agricultural management of areas around the Rio Grande basin in Minas Gerais. The Minas Gerais side of the Rio Grande Hydrographic Basin (BHRG) covers five important mesoregions of the state of Minas Gerais, south and southwest of Minas, Minas Triangle and Alto do Parnaíba, west of Minas, Campo das Slopes and Zona da Mata. The southern and southwestern regions of Minas, the mining triangle and the upper Parnaíba region account for more than 50% of the agricultural production in the state of Minas. Thus, the socioeconomic importance of agricultural activities developed in the Rio Grande River Basin is notorious, more specifically, in the Triângulo Mineiro and south and southwest regions of Minas stands out as one of the main regions of national agribusiness, with emphasis on the following products: sugar cane, soy, corn, coffee, orange and cattle raising, both beef and dairy. The spatialized maps, with the soil factors limiting agricultural mechanization, were obtained through the interpretation of the characteristics of the different classes of soils found in the Exploratory Survey-Recognition of Soils in the State of Minas Gerais. This classification was carried out through the interpretation of the characteristics of the soil classes observed in the study area and framing in relation to the limiting factors to agricultural mechanization: stoniness, effective depth, texture, drainage and slope. The maps with the quantitative information of these five limiting factors described were combined by cross-tabulation (with equal weights) to result in the general map of classes of impairment to mechanization. The results showed that in 1.42% of the area there is no impediment to mechanization; 66.59% with mild impairment; 13.11% with moderate impairment; 3.13% with strong impediment and 15.75% of the area with very strong impediment to mechanization. The survey showed that the slope is the most prevalent impediment factor to mechanization in the area of the Rio Grande-MG Basin area, presenting the highest rate of limitation among all the analyzed factors. The study constitutes an essential tool for regional development, providing information of fundamental importance for the elaboration of diagnoses for the use, agricultural management and conservation of lands in the Rio Grande-MG hydrographic basin.

Keywords: Geoprocessing. Slope. Agricultural management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais.....	14
Figura 2 - Mesorregiões do Estado de Minas Gerais	15
Figura 3 - Design geral do ALOS.....	23
Figura 4 - Representação da evolução temporal dos perfis de solos	30
Figura 5 - Representação da influência do relevo na formação do solo.....	31
Figura 6 - Localização da área de estudo	40
Figura 7 - Sequência metodológica do trabalho	48
Figura 8 - Principais classes de solos da Bacia do Rio Grande-MG	49
Figura 9 - Classes de pedregosidade dos solos da Bacia do Rio Grande-MG.....	53
Figura 10 - Classes de profundidade efetiva dos solos da Bacia do Rio Grande-MG ...	56
Figura 11 - Classes de textura dos solos da Bacia do Rio Grande-MG.....	59
Figura 12 - Classes de drenagem dos solos da Bacia do Rio Grande-MG.....	62
Figura 13 - Classes de declividade em relação à mecanização	65
Figura 14 - Classes de impedimento à mecanização dos solos	68
Figura 15 - Classes de altitude da Bacia do Rio Grande-MG	70
Figura 16 - Classes de Uso e Ocupação do solo da Bacia do Rio Grande-MG	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais classes de solos da Bacia do Rio Grande-MG.....	42
Tabela 2 - Fatores do solo limitantes à mecanização agrícola	43
Tabela 3 - Chave de interpretação dos graus de impedimento à mecanização agrícola.	47
Tabela 4 - Classes de Declividade em relação à mecanização	65
Tabela 5 - Área por classe de cobertura do solo.....	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Geral	13
2.2	Específicos	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	Bacia Hidrográfica do Rio Grande	14
3.2	Sensoriamento Remoto	16
3.3	Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIG)	17
3.4	Processamento digital de imagens - PDI	19
3.5	Mapas como base para avaliação	20
3.6	Planejamento da capacidade de uso da terra	21
3.7	ALOS PALSAR e Modelo Digitais de Elevação (MDE)	22
3.8	Mecanização agrícola e os seus principais fatores limitantes	24
3.9	Aptidão agrícola e o potencial da utilização dos solos	26
3.10	Solos	28
3.10.1	Definição de solo	28
3.10.2	Principais horizontes e Fatores de formação do solo	29
3.10.3	Classificação de solos	32
3.10.3.1	<i>LATOSSOLOS</i>	32
3.10.3.2	<i>CAMBISSOLOS</i>	33
3.10.3.3	<i>ARGISSOLOS</i>	34
3.10.3.4	<i>NEOSSOLOS</i>	35
3.10.3.5	<i>NITOSSOLOS</i>	36
3.10.3.6	<i>GLEISSOLOS</i>	36
3.10.3.7	<i>PLINTOSSOLOS</i>	37
3.11	As imagens de satélite na identificação do uso e ocupação dos solos	38
4	MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1	Área de estudo	40
4.2	Base de dados	41
4.3	Mapas dos fatores limitantes a mecanização agrícola dos solos	43
4.4	Mapas de classes de declividade e altitude	44
4.5	Mapa de classificação de uso e ocupação do solo	45
4.6	Mapa de aptidão à mecanização agrícola dos solos	46

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.1	Classes de solos	49
5.2	Classes de pedregosidade	53
5.3	Classes de Profundidade Efetiva	55
5.4	Classes de textura	59
5.5	Classes de drenagem.....	62
5.6	Classes de declividade	65
5.7	Classes de impedimento à mecanização	68
5.8	Classes de altitude.....	70
5.9	Classes de uso e ocupação do solo	72
6	RESULTADOS	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

1 INTRODUÇÃO

A mecanização agrícola é cada vez mais frequente e está presente nas atividades de preparo periódico do solo, manejo e tratos culturais e colheita, além do transporte (LIMA e LEITE, 2014).

O planejamento do uso e do manejo das terras é uma prática indispensável para a sustentabilidade da agricultura e a conservação da natureza (PEDRON et al., 2006). Portanto as classificações técnicas, também chamadas de interpretativas, são caracterizadas por utilizarem um pequeno número de atributos para separar os indivíduos em classes e atenderem a um determinado objetivo. No caso da classificação técnica ou interpretativa para o uso e manejo das terras, esta consiste da previsão do comportamento dos solos, sob manejos específicos e sob certas condições ambientais (PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004). É normalmente, baseada em interpretação de estudos básicos, levantamentos taxonômicos, de solos (CAMARGO et al., 1987; EMBRAPA, 1999). Para a interpretação das condições relativas à mecanização, Francisco (2010) estabeleceu as condições e os limites relativos à: declividade, pedregosidade, profundidade efetiva, drenabilidade e textura. Para o enquadramento dos solos as restrições à mecanização, criou uma chave interpretativa que possibilitou o desenvolvimento de uma nomenclatura de fácil compreensão, permitindo agrupar terras em classes e subclasses de mecanização. A mecanização das operações é essencial para o produtor rural, pois esta facilita cada vez mais o trabalho no campo, diminuindo o custo com mão de obra, apresentando maior praticidade, reduzindo o tempo de trabalho e eliminando o trabalho árduo.

Dada a quantidade de variáveis técnicas que afetam o desempenho das atividades mecanizadas, é importante aplicar metodologias cientificamente fundamentadas que auxiliem no processo de escolha de áreas aptas a mecanização. A predição e o mapeamento da variabilidade espacial de atributos agrícolas possibilitam racionalizar o manejo agrícola e concorrem para o aumento da sustentabilidade da agricultura. Assim, o uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG), pode fornecer inúmeras vantagens para resolver problemas de planejamento e gerenciamento. Atualmente, o emprego de tecnologias como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o geoprocessamento, estão sendo amplamente utilizadas com o objetivo de fornecer informações eficientes para a elaboração de mapas de aptidão agrícola das terras, que por sua vez servem de ferramenta para auxiliar na tomada de decisões no que se refere ao planejamento e exploração dos solos de forma compatível com seus distintos usos.

De acordo com Amorim Neto et al. (1997), técnicas de identificações de áreas aptas com base em informações do solo e clima possibilitam a definição dos ambientes favoráveis para exploração agrícola, contribuindo com a redução dos riscos de degradação do ambiente.

A vertente mineira da bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG) abrange cinco importantes mesorregiões do estado de Minas Gerais, sul e sudoeste de minas, triângulo mineiro e alto do Parnaíba, oeste de minas, campo das vertentes e zona da mata. As regiões do sul e sudoeste de minas, triângulo mineiro e alto do Parnaíba correspondem por mais de 50% da produção agropecuária do estado de Minas. Sendo assim é notória a importância socioeconômica das atividades agropecuárias desenvolvidas na Bacia Hidrográfica do Rio Grande, mais especificadamente, nas mesorregiões do Triângulo Mineiro e sul e sudoeste de minas se destaca como uma das principais regiões do agronegócio nacional, tendo destaque para os seguintes produtos: cana-de-açúcar, soja, milho, café, laranja e criação de gado tanto de corte quanto leiteiro.

Dessa forma, definir as áreas aptas, bem como o potencial do uso de máquinas agrícolas na região da Bacia do Rio Grande é de fundamental importância para orientação de agricultores, investidores e ações estratégicas de governo. Logo, é de fundamental importância verificar quais as classes de solos predominantes e seus principais fatores limitantes à mecanização agrícola. Neste contexto, objetivou-se utilizar técnicas de geoprocessamento para mapear áreas aptas à mecanização em função dos principais fatores limitantes à mecanização agrícola dos solos, visando oferecer subsídios à gestão agrícola das áreas no entorno da bacia do Rio Grande em Minas Gerais.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Utilizar técnicas de geoprocessamento para mapear áreas aptas à mecanização em função dos principais fatores limitantes à mecanização agrícola dos solos, visando oferecer subsídios à gestão agrícola das áreas da Bacia Hidrográfica do Rio Grande em Minas Gerais.

2.2 Específicos

- Definir as áreas aptas a mecanização, bem como o potencial do uso de máquinas agrícolas na região da bacia do Hidrográfica do Rio Grande em Minas Gerais.
- Classificar áreas para mecanização agrícola da bacia do Hidrográfica do Rio Grande em Minas Gerais utilizando sistema de informações geográficas.
- Elaborar o mapa de aptidão à mecanização agrícola, da região da bacia do Rio Grande - MG, obtido através da interpretação entre os mapas resultantes da declividade do solo, pedregosidade, profundidade efetiva, textura e drenagem.
- Utilizar técnicas de geoprocessamento para mapear áreas aptas à mecanização em função da declividade do terreno.
- Utilizar imagens de satélite na identificação do uso e ocupação dos solos da Bacia do Rio Grande em Minas Gerais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A Bacia Hidrográfica do Rio Grande

A Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG) possui uma área consideravelmente extensa no território brasileiro, localizando-se na Região Sudeste do Brasil, na Região Hidrográfica Paraná que, em conjunto com as Regiões Hidrográficas Paraguai e Uruguai, compõem a Bacia do Prata. Abrange área de drenagem de 143.437,79 km², dos quais 57.092,36 km² (39,80%) encontram-se dentro do Estado de São Paulo e 86.345,43 km² (60,20%) no Estado de Minas Gerais (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA, 2015). A região merece especial atenção devido à sua extensão, biodiversidade, capacidade de produção energética e densidade populacional (ÁVILA, 2016). Observa-se na Figura 1 a representação das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais.

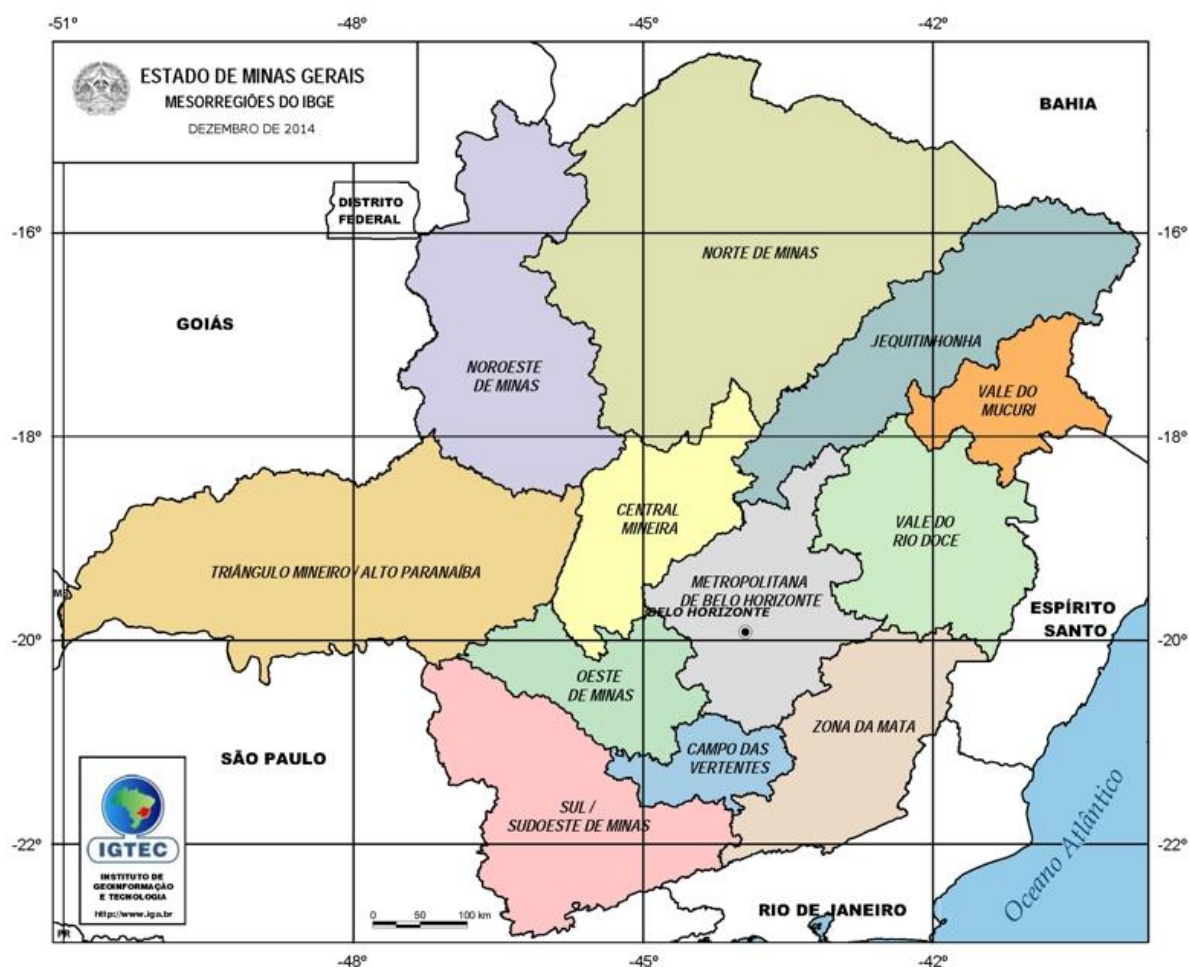
Figura 1- Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais



Fonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM (2021).

Existem, total ou parcialmente, 393 municípios localizados na Bacia, sendo 214 mineiros e 179 na área paulista, e uma população urbana e rural de 7,7 milhões de habitantes (ROCHA et al., 2012). A vertente mineira da Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG) abrange cinco importantes mesorregiões do estado de Minas Gerais, Figura 2, sendo elas: sul e sudoeste de minas, triângulo mineiro e alto do Parnaíba, oeste de minas, campo das vertentes e zona da mata.

Figura 2- Mesorregiões do Estado de Minas Gerais



Fonte: Governo de Minas Gerais (2021).

As regiões do sul e sudoeste de minas, triângulo mineiro e alto do Parnaíba correspondem por mais de 50% da produção agropecuária do estado de Minas Gerais (DE PAULA e CAMPOLINA, 2016). Sendo assim é notória a importância socioeconômica das atividades agropecuárias em Minas Gerais e, mais especificadamente, nas mesorregiões do Triângulo Mineiro e sul e sudoeste de minas se destaca como uma das principais regiões do agronegócio nacional, tendo destaque para os seguintes produtos: cana-de-açúcar, soja, milho,

café, laranja e criação de gado tanto de corte quanto leiteiro (SOUZA, 2012). Além disso, a criação de gado, dentre todos os produtos mencionados, é aquela que se mantém representativamente durante todo processo de formação socioeconômico regional (SOUZA, 2012).

Minas Gerais é o maior produtor de café do Brasil com 1,246 milhão de hectares, correspondendo, na safra de 2020, a 57% da área ocupada com café em âmbito nacional e as regiões Sul de Minas (Sul e Centro-Oeste): produção de 19,15 milhões de sacas, crescimento de 37% e do Cerrado Mineiro (Triângulo, Alto Paranaíba e Noroeste): produção de 6 milhões de sacas, crescimento de 30,7% já a safra da Zona da Mata Mineira foi de 8,79 milhões de sacas (CONAB, 2021). As características físicas regionais do Sul de Minas como solo, clima, e relevo, propícios para a lavoura cafeeira, foram significativas para sua consolidação na região, contudo, semelhante a todo território estadual, não foi elemento fundamental na estruturação da atual organização para cafeicultura (GUIDA e FLAMARION, 2020).

As mesorregiões do Sul e Sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro e Alto do Parnaíba juntas são as maiores produtoras de: milho (mais de 60% da produção total do estado), soja (mais de 57% da produção total do estado), sorgo (mais de 71% da produção total do estado), trigo (mais de 71% da produção total do estado), cana de açúcar (mais de 71% da produção total do estado), batata (mais de 93% da produção total do estado) (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2021a).

O desenvolvimento sustentável da agropecuária depende da quantidade e qualidade de recursos naturais explorados, com destaque para os hídricos. Além disso, o mapeamento de uma Bacia hidrográfica permite estudos e planejamentos de atividades urbanas e rurais, com determinação do uso e ocupação do solo, indicação de áreas propícias à exploração agrícola, pecuária ou florestal, previsão de safras e planejamento urbano (CAMPOS et al. 2009).

3.2 Sensoriamento Remoto

Os avanços científicos e tecnológicos, conhecimentos referentes a equipamentos, plataformas e sensores, estão cada vez mais sofisticados, fornecendo enormes quantidades de dados sobre processos e fenômenos da superfície terrestre (GUEDES e SILVA, 2018). O Sensoriamento Remoto em geral refere-se à medição de energia eletromagnética emitida ou refletida pela superfície da Terra usando uma câmera ou sensor e a aplicação desta tecnologia para a agricultura faz uso de uma ampla gama de instrumentos, a partir de câmeras suspensas

no ar por sensores montados em satélites em órbita (SARTORI e MORAES, 2018). O sensoriamento remoto permite observar as variações de resposta espectral em relação aos diferentes elementos que compõe a imagem, classificando e quantificando feições naturais ou submetidos à ação antrópica, constituindo informações importantes na elaboração de estratégias municipais e/ou regionais (STEFFEN, 2021). Oliveira et al., (2019) utilizou técnicas de sensoriamento remoto e o geoprocessamento para obter o uso e ocupação do solo atualizado do município de Campina Verde, MG, usando imagens do Sentinel-2 os resultados mostraram uma severa antropização na área estudada e que 74,58% do território possui alterações que caracterizam pressão humana. Silva et al., (2019), utilizando-se de cenas do Landsat 5 e 8 TM, para a região dos municípios de Mucugê e Ibicoara no Estado da Bahia, observaram que a área de vegetação arbórea reduziu aproximadamente pela metade do ano de 2000 (14,1%) para o ano de 2018 (7,15%), aumentando conseqüentemente o percentual de solo exposto associado ao avanço da agricultura irrigada.

Através da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto na avaliação do antropismo no parque nacional da serra da Canastra-MG, Penoni et al., (2017) verificaram que 2,44% da área apresenta alta antropização sendo que cerca de 1% está localizada nas menores altitudes da área de estudo e 60,61% da área apresenta baixa antropização sendo que 46,98% está localizada em altitudes maiores que 895 metros demonstrando que a presença de altitudes elevadas associadas a área delimitada para a preservação é um fator que auxilia na conservação ambiental. De acordo com Michelon et al., (2019) os resultados obtidos através do sensoriamento remoto e processados com softwares específicos, possibilitaram a obtenção de uma série de dados relevantes e úteis para tomadas de decisões pontuais e precisas de forma rápida para auxiliar na ampliação da produtividade e rentabilidade das atividades agrícolas. Dessa forma, os recursos de geotecnologias do sensoriamento remoto são importantes como ferramentas de diagnóstico para o planejamento e gestão territorial, utilizados para simular e analisar diversos cenários com agilidade, transformando uma base de dados heterogênea em informação relevante (HÖFIG et al., 2018).

3.3 Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

Atualmente o Geoprocessamento vem sendo uma ferramenta muito utilizada para tomadas de decisões, integrando dados espaciais e não espaciais e relacionando-os com o meio ambiente e auxiliando em análises gerando resultados significativos da área, levando em

consideração os aspectos físicos, bióticos e abióticos (MUNIZ, 2014). O aparecimento do geoprocessamento possibilitou a análise das informações em conjunto e a geração de dados e mapas adequados para melhor embasar as tomadas de decisão sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais (PEREIRA et al., 2016).

O uso livre de SIG e o aumento da disponibilidade de dados georreferenciados gratuitos, pode incentivar a adoção em larga escala destas tecnologias no planejamento agrícola, ambiental e no manejo de propriedades agrícolas (ZANLORENSI et al., 2016). Existem vários softwares que executam as atividades de processamento, como QGIS, Spring, gvSIG, ArcGIS, MapInfo e outros (PEREIRA et al., 2016). Dessa forma, as técnicas de geoprocessamento permitem a elaboração de mapas digitais, de forma simples e eficiente com resultados confiáveis, que poderão ser utilizados para tomada de decisão em futuros planejamentos de conservação e projetos ambientais (OLIVEIRA et al., 2020).

Através da aplicação de técnicas de geoprocessamento e por meio do uso de SIG na análise do uso e ocupação do solo no município de Garruchos-RS, Rademann et al., (2017) verificaram que as lavouras em sua maioria ocupam a região centro-sul e leste no município e correspondem a 23.908,20 ha o equivalente a trinta por cento da região total do município e que as áreas referentes a florestas se concentram em sua maioria na porção Norte Oeste do município, caracterizadas por matas ciliares e matas de capões, ao total são 10.653,50 ha de florestas o que equivale a treze por cento da área. Bento et al., (2017) utilizando geoprocessamento e SIG para obter as classes de uso e ocupação do solo da Bacia hidrográfica do Rio Ribeirão – MG, verificaram que a classe predominante foi agricultura, representando 558,6516 km², seguida de pastagem seca, floresta, pastagem verde, área urbana, solo exposto e cursos d'água com 236,6053 km², 223,9044 km², 223,4773 km², 75,1878 km², 7,8207 km² e 0,0572 km² de área de ocupação da Bacia respectivamente e concluíram que a área da Bacia apresenta menos do mínimo recomendado para área de florestas (25%) o que compromete a integridade física da Bacia em estudo.

Sousa et al., (2021) utilizando o geoprocessamento na análise das mudanças do uso da agricultura anual no município de Ulianópolis, Pará, e os resultados apontaram que grande parte das áreas de floresta foi convertida para vegetação secundária, agricultura anual e pasto. a agricultura anual teve sua área mais que dobrada em 2012, passando de 2,81% em 2004 para 6,30% em 2012 e o incremento se deu pelo avanço sobre as áreas de pasto (56%) e floresta (17%), e em 2014 não aumentou o desflorestamento.

Para Garcia (2014) os instrumentos de sensoriamento remoto e os SIGs apresentam-se de maneira satisfatória, gerando informações que subsidiam a análise mais completa da área de estudo e desta forma, pode-se enfatizar que com a grande expansão das atividades humanas sobre o ambiente, a demanda por tecnologias ambientais tem sido cada vez mais procurada. Dessa forma, as técnicas de geoprocessamento permitem a elaboração de mapas digitais, de forma simples e eficiente com resultados confiáveis, que poderão ser utilizados para tomada de decisão em futuros planejamentos de conservação e projetos ambientais (OLIVEIRA et al., 2020).

3.4 Processamento digital de imagens (PDI)

Entende-se por Processamento Digital de Imagens (PDI) a manipulação de uma imagem por um software, de modo que na entrada e saída do processo se tenha imagens diferenciadas em algum aspecto em questão (INPE, 2021). O objetivo principal do processamento digital de imagens é melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e fornecer outros subsídios para a extração de informações espaciais, bem como a sua interpretação, além de gerar produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos (INPE, 2021).

A utilização de processamento digital de imagens, baseada em conhecimento e funções automáticas de extração de informação, como a classificação orientada ao objeto, configura algumas das evoluções previstas na classificação de uso e cobertura do solo (GRANDE et al., 2016). Segundo Alves (2011) a classificação baseada em análise orientada a objeto é um novo conceito de extração semi-automática de informações de uma imagem, no qual um conjunto de objetos que interagem entre si e estão agrupados por suas características similares determina uma classe específica no processo de classificação. A classificação pixel a pixel é o procedimento convencional mais utilizado para análise digital de imagens, constituindo-se em um processo de análise de pixels de forma isolada (NETA et al., 2018). As técnicas de processamento digital de imagens aplicadas à produtos provenientes de sensoriamento remoto tem se mostrado eficientes, com diversos trabalhos publicados utilizando esta abordagem. Moreira e Faria (2019) utilizaram imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 para realizar a análise da evolução multitemporal do uso e ocupação do solo na Bacia do Ribeirão do Lipa, Cuiabá-MT. Fiúza e Pisani (2018) analisando o desmatamento na porção sul do entorno do lago de furnas, região sul de Minas Gerais, concluíram que o processamento digital de imagens pode

servir de modo valioso para políticas de planejamentos territoriais, servindo para constatar de maneira regionalizada as transformações da vegetação ao longo do período analisado.

SILVA et al., (2017) utilizando as técnicas de processamento e análise das imagens na sub-bacia do Córrego dos Bois em Minas Gerais, concluíram que o conflito do uso e da ocupação do solo nas áreas destinadas a preservação corresponde a 25,58% do território das APPs, o que evidencia a presença de atividade antrópica nas áreas legalmente protegidas pela legislação ambiental e o uso conflitivo mais comum nas APPs é a pastagem.

A metodologia de processamento digital de imagens por meio de SIGs, permitiram França et al., (2018) a adequada delimitação automática das Áreas de Preservação Permanente de Encostas do município de Diamantina e os resultados mostraram-se eficientes, produzindo informações satisfatórias sobre a extensão e distribuição espacial na paisagem. Já Moraes et al., (2017), aplicando a mesma técnica de análises e processamento digital de imagens dos Satélites LandSat 5 e LandSat 8, para a região do Mário Campos – MG, foi possível notar grande decadência das áreas cobertas por vegetação densa, entre os anos de 1997 e 2016, acompanhando da tendência de aumento de atividades de mineração, cultivos agrícolas e pastagem.

3.5 Mapas como base para avaliação

O uso de SIG e informações georreferenciadas são fundamentais para avaliação de terras para fins agrícolas, em que o levantamento pedológico se torna base para essa avaliação. Desta forma o SIG concede uma avaliação mais rápida e menos subjetiva, possibilitando o cruzamento de diferentes planos de informações para geração de mapas valiosos na avaliação de terras (ROCHA FILHO et al., 2016; SILVA, 2016). Os Mapas pedológicos em escalas generalizadas, englobando todo um território, permitem a visualização de grandes áreas, abrangendo a distribuição espacial e a variação existente na população dos solos, constituindo documentos importantes na caracterização dos recursos, na orientação de planejamentos regionais do uso da terra (ROSSI e OLIVEIRA, 2000). A predição e o mapeamento da variabilidade espacial de atributos agrícolas possibilitam racionalizar o manejo agrícola e concorrem para o aumento da sustentabilidade da agricultura (CINTRA et al., 2020). Os mapas constituem-se num suporte indispensável para o planejamento, ordenamento e uso eficaz dos recursos da terra, sendo um instrumento visual da percepção humana e um meio para obter o registro e a análise da paisagem (LIMA et al., 2007). O conhecimento territorial é indispensável para entender e trabalhar o

espaço geográfico e nele identificar e ampliar suas potencialidades (HÖFIG et al., 2018). Nesse contexto, as pesquisas que envolvem o mapeamento de diversas feições da superfície terrestre – as pastagens, as lavouras agrícolas, a silvicultura, as florestas –, entre outros temas, evidenciam a importância dos estudos sobre uso da terra para a compreensão do espaço. No âmbito do mapeamento do uso da terra, o sensoriamento remoto se tornou um recurso tecnológico fundamental, pois possui um conjunto de técnicas que permitem identificar, espacializar, qualificar e quantificar diferentes alvos ambientais (PONZONI et al., 2012). Soares et al., (2017) mapearam as categorias de uso e ocupação do solo, na sub-bacia do distrito de Dom Corrêa em Manhuaçu-MG e pela análise dos dados, nota-se que predomina a ocupação irregular de áreas íngremes de encostas (inclinação acima de 45°) e destinadas às matas ciliares e através da comparação entre os anos de 2010 e 2015 constataram a expansão (cerca de 12%) das lavouras de café sobre as áreas de preservação permanente, especialmente nas encostas. Donato e Magri, (2017) ao elaborar o mapa de uso e ocupação da bacia hidrográfica do córrego do limão em Passos-MG, verificaram que se trata de uma bacia urbanizada, visto que mais de 40% de sua área total é ocupada por esta classe.

Os mapas tem como objetivo representar o espaço de forma bidimensional e comunicar os fenômenos ali representados, por isso, é um instrumento de descoberta a serviço de uma ação, o que auxilia na tomada de decisão (BOIN e MARTINS, 2017).

3.6 Planejamento da capacidade de uso da terra

O planejamento do uso e do manejo das terras é uma prática indispensável para a sustentabilidade da agricultura e a conservação da natureza (PEDRON et al., 2006). Entretanto, o planejamento do uso das terras necessita da avaliação do seu potencial considerando as condições locais (ARAÚJO et al., 2016). O uso desordenado do solo decorrente do crescimento populacional tem gerado demandas por mais alimentos e consequente sobreutilização do solo na expansão urbana e em outros usos e por sua vez estas demandas têm sido prejudicadas pela falta de um planejamento adequado baseado na utilização de técnicas de uso e manejo das terras (OLIVEIRA et al., 2020).

A capacidade de uso visa o aproveitamento das condições do solo com um mínimo de perdas, baseando-se num detalhamento expressivo dos fatores que possam influenciar a estruturação e composição deste meio, tais como relevo, erosão, solo, clima, entre outros tornando-se mais confiáveis as bases para planejamento de uso racional (CASTRO et al., 2010).

Segundo Wadt et al., (2015) a utilização de sistema de avaliação do potencial de uso da terra em zoneamentos agrícolas constitui importante instrumento no planejamento e ordenamento da terra visando o uso sustentável.

Flauzino et al., (2016) ao realizarem o mapeamento da capacidade de uso da terra da Subbacia do ribeirão José Pereira no sul de Minas Gerais mostrou que, devido às condições avaliadas, os usos dos solos mais recomendados para a sub-bacia são as pastagens, o reflorestamento e preservação da vida silvestre, verificou-se que a pecuária leiteira é a principal atividade econômica, sendo que cerca de 50% da área é coberta por pastagens, possui a maior parte de suas terras com uso do solo condizente à capacidade produtiva, não havendo necessidade de alteração na atividade econômica principal. Entretanto, Aires et al., (2017) ao aplicarem a mesma metodologia para avaliarem a capacidade do uso da terra da microbacia do Rio Piracicaba em Minas Gerais, observaram que 68,8% desta da área total da bacia não está em conformidade com a capacidade ideal de uso da terra.

Silva e Rosa (2019) ao estudar as classes de uso potencial das terras no município de Catalão observaram que do total das terras avaliadas, 40,69% são recomendadas para agricultura, 11,84% são aconselhadas para pastagens, 3,32% para reflorestamento e 38,33% para preservação. Já Costa et al., (2019) ao realizarem o mapeamento da capacidade de uso da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Murundú-Paiol em Ibiúna (SP), os resultados mostraram que o maior percentual das áreas é destinado à preservação (65,67%), seguido pelas áreas aptas à agricultura sem restrição (15,33%). Conforme Silva et al. (2013), conhecer, caracterizar e espacializar os potenciais e as restrições dos ambientes, numa escala adequada, possibilitam ordenar os espaços de forma racional e são fundamentais no planejamento de atividades agrícolas e pecuárias.

3.7 ALOS PALSAR e Modelo Digitais de Elevação (MDE)

De acordo com JAXA (2008), o satélite ALOS, possui 3,5 metros de largura por 4,5 metros de comprimento e 6,5 metros de altura com um peso bruto de aproximadamente 4 toneladas, o que faz dele um dos maiores satélites de observação da Terra. O sensor PALSAR do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) foi lançado em 2006 pela missão da agência de exploração aeroespacial japonesa (*Japan Aerospace Exploration Agency - JAXA*), e derivou-se de tecnologia desenvolvida por seus antecessores, os satélites japoneses ADEOS e JERS-1 (EMBRAPA, 2021). A ele foram incorporadas características necessárias aos satélites

modernos de alta resolução: a grande velocidade e capacidade de tratamento dos dados e a precisão avançada na determinação de seu posicionamento espacial, já que possui sistema de controle de órbita e atitude baseados em GPS de dupla frequência e rastreador de estrelas (EMBRAPA, 2021). Os MDE ALOS PALSAR podem ser adquiridos gratuitamente, já corrigidos e projetados no sistema UTM WGS84, nas resoluções baixa e alta, de 30 m e 12,5 m, respectivamente.

Quanto as características orbitais, o ALOS percorre uma órbita sol síncrona com passagem ascendente a uma altitude de 691,65 km (acima do Equador), uma inclinação de $98,16^\circ$ e um ciclo completo de 46 dias. Além do PALSAR, o ALOS possui mais dois instrumentos imageadores: PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping), com 2,5 m de resolução espacial, e que compreende três sistemas ópticos para medição precisa das elevações; AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*), com resolução de 10 m, para observação da cobertura e uso do solo. Os três sensores da plataforma ALOS estão ilustrados na Figura 3.

Figura 3- Design geral do ALOS.



Fonte: JAXA (2008).

Padilha et al., (2019) ao empregar o uso de imagens de radar na Bacia Hidrográfica do Córrego do Meio (São Pedro-SP) verificaram que o MDE ALOS PALSAR pode ser usado na análise dos limiares topográficos, e que pode ser uma eficiente solução na avaliação de processos erosivos, principalmente para erosões de características permanentes, como as voçorocas se constituindo valiosa alternativa quando não é possível obter dados topográficos em escala de detalhe. De acordo com Costa et al., (2019a) após realizarem o processamento e confecção do mapa para análise de declividade utilizando o MDE ALOS PALSAR, foi possível entender a dinâmica do relevo no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, estado do Pará e os resultados obtidos foram condizentes com a hipsometria da região, pois as áreas mais inclinadas também são as de maior relevo, o relevo íngreme dificulta o acesso à região e age como defesa natural contra atividades antrópicas.

Lacerda et al., (2018) ao realizarem a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Xopotó, Zona da Mata de Minas Gerais, observaram que as imagens ALOS PALSAR contribuem para as análises de morfometria e de reconhecimento da superfície de bacias hidrográficas, pois a precisão disposta pela imagem é de grande valia para pesquisas em áreas regionais a locais.

3.8 Mecanização agrícola e os seus principais fatores limitantes

A mecanização agrícola é um importante componente básico na maioria das estratégias de desenvolvimento rural, aumento da produtividade e mão-de-obra (FRANCISCO et al., 2016). Mas a mecanização da cultura, contudo, é fortemente dependente de fatores ambientais, particularmente do relevo (SANTOS et al., 2008). Os fatores impedimentos à mecanização, referem-se às condições apresentadas pelas terras para o uso de máquinas e implementos agrícolas (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995). De acordo com Francisco (2010) os principais fatores limitantes à mecanização agrícola em uma área agrícola, são: a declividade, a pedregosidade, a profundidade efetiva, a drenagem natural, textura e a declividade do terreno.

A declividade é a inclinação do relevo em relação ao plano horizontal e segundo Mueller et al., 2010, esse aspecto do terreno é uma das principais características geomorfológicas limitantes à utilização de máquinas agrícolas. A declividade está intimamente ligada às condições de tráfego, pois afeta a velocidade de deslocamento e a estabilidade das máquinas (GARCIA et al., 2020). Além disso, o trabalho com máquinas agrícolas em condições de declividade acentuada é uma das principais causas de acidentes no meio rural (DEBIASI et al.,

2004), e muitas vezes resultando em acidentes fatais. A declividade do terreno corresponde a um fator de risco para a colheita mecanizada, levando a restrições e impedimento das operações agrícolas ou até mesmo ao tombamento de máquinas no campo (GIMENES et al., 2017).

Há colhedoras de café disponíveis no mercado que podem trabalhar com declividades máximas variando entre 15 a 20% (CASEIH, 2021). Para suas colhedoras de Cana de Açúcar a CASEIH recomenda que os seus equipamentos devem ser operados com até 10% de declividade para colhedoras de pneu (A8000) e até 15% para colhedoras de esteira (A8800) (CASEIH, 2021a). Já as colhedoras de grãos podem trabalhar com declividades máximas de até 12% (CASEIH, 2021a).

Manzatto et al., (2009), Collicchio (2008) e o Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2015) adotaram declividade abaixo de 12% para regiões consideradas aptas para a mecanização da cana de açúcar.

Souza et al., (2019) ao avaliarem o potencial de mecanização das lavouras cafeeiras no Estado do Espírito Santo, observaram que 24,5 % e 66,9 % das lavouras de café arábica e conilon respectivamente são aptas ao uso de máquinas agrícola e que possui um potencial de expansão da cafeicultura mecanizada, principalmente das lavouras de café conilon sobre áreas de pastagem.

A favorabilidade à mecanização também foi avaliada por Oliveira et al., (2020) para a região da Bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu (SP), os resultados mostraram que 24,11% da área do estudo não possui impedimentos à mecanização e 17,5% possui impedimentos restrito ao manejo mecanizado e as técnicas de geoprocessamento foram eficientes na elaboração do mapa de favorabilidade à mecanização, sendo que a classe ligeira foi predominante quanto ao impedimento à mecanização em relação às demais classes: nula, moderada e restrita. Silva e Neto (2020) ao estudarem a aptidão à mecanização agrícola dos solos da área da Bacia hidrográfica do rio Goiana no estado de Pernambuco, verificaram que em 6,28% da área, a classe de declividade que variou entre 0-3%, que corresponde aos relevos planos a parcialmente planos e está área enquadrou-se com um grau de limitação nulo, já na categoria de declividade que corresponde de 3-8%, que representa 20,54% da área da bacia, o grau de limitação foi ligeiro.

Neto e Limberger (2002) ao cruzarem diversas informações de fatores de adequabilidade do uso do solo para a região da bacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal, no estado do Paraná, verificaram que esta apresenta boas condições para implantação de atividades agropecuárias, pois somente 1,58% da área é considerada como área inapta a tais atividades.

Ao avaliar os principais fatores limitantes ao cultivo da cana-de-açúcar para o Litoral e Mata de Pernambuco, Santos et al., 2008 observaram que o relevo acidentado, atua como uma séria limitação à mecanização (preparo do solo, tratos culturais e colheita), outros fatores bastante restritivos à mecanização da cultura foram a pouca profundidade efetiva, observada nos NEOSSOLOS LITÓLICOS, PLANOSSOLOS e parte dos LUVISSOLOS, e a textura arenosa, típica das classes dos NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS e dos ESPODOSSOLOS e as áreas de mangue também foram consideradas impróprias para o cultivo devido a salinidade elevada e má drenagem. Para Fontenele (2006), o uso e manejo incorreto do solo causam desestruturação e compactação do solo, aumentando a densidade e diminuindo porosidade do solo, dificultando a difusão do oxigênio e a infiltração de água. Além disso, por muitas vezes essas operações serem realizadas sem considerar o teor de água do solo no ponto de friabilidade (RICHART et al., 2005). O uso de operações mecanizadas com umidade do solo próxima ao limite de plasticidade é um fator crítico, uma vez que a água reduz a coesão e atua como lubrificante entre as partículas de solo, permitindo o deslizamento das partículas quando este é submetido a algum tipo de pressão (BROCH, 2019). Por isso, se faz necessário entender a dinâmica da compactação, avaliando os limites de Atterberg e sua relação com a densidade do solo (LUCIANO et al., 2012).

Segundo Soares et al., (2010) e Campos et al., (2013), a utilização indiscriminada do solo, sem manejo e planejamento adequado do uso da terra, sem levar em conta suas características físico-químicas e condições de relevo torna-o improdutivo em curto espaço de tempo, com prejuízos irrecuperáveis e sérios danos ao meio-ambiente e às populações regionais que dependem diretamente do cultivo destas terras. Embora sejam consideradas as condições das terras em relação à mecanização, é dada pouca ênfase a relação solo/máquina e tal fato tem contribuído para que ocorram intervenções inadequadas de máquinas e implementos em áreas agrícolas, transformando a mecanização, em muitos casos, em vilã da erosão dos solos (SILVEIRA e STONE, 2003; RIBEIRO et al., 2009).

3.9 Aptidão agrícola e o potencial da utilização dos solos

Existem diversos sistemas para avaliar os potenciais de terras, porém no Brasil os mais utilizados são: o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO - FILHO e BEEK, 1995) e o Sistema de Capacidade de uso (MARQUES, 1971; LEPSCH et al., 1991). O conhecimento da aptidão agrícola possibilita realizar um planejamento, pois auxilia no

conhecimento do ambiente, como as determinações do uso e ocupação da terra, avaliando as potencialidades e limitações dessas áreas. Auxilia no suporte técnico, colabora com a racionalidade dos recursos naturais, manejo e conservação dos solos (BARROS, 2017). Esses sistemas posicionam as terras mediante o tipo de utilização, evidenciando uma indicação de uso correto e adequado de uma determinada superfície de terra, tanto em função da viabilidade de melhoramento frente aos fatores básicos de limitação de uso como em função dos graus de limitação que porventura ocorram após a utilização de práticas agrícolas (FRANCISCO et al., 2016). Isto é, trata-se de um processo interpretativo que considera informações sobre características de meio ambiente, de atributos do solo e da viabilidade de melhoramento de qualidades básicas das terras (SILVA NETO et al., 2018). A aptidão pedológica refere-se às potencialidades e limitações intrínsecas dos solos para a produção das culturas de forma sustentável, inter-relacionando parâmetros e atributos (SILVA et al., 2013).

Suzuki et al., (2021) ao avaliar a capacidade de uso e aptidão agrícola das terras de propriedades rurais localizadas na bacia hidrográfica do arroio pelotas, RS, verificaram que as áreas apresentam limitações quanto a capacidade de uso e aptidão agrícola, especialmente devido a pouca profundidade efetiva do solo e o risco de erosão, associado a declividade e a textura média na camada superficial do solo. Silva Neto et al., (2018) ao aplicar a metodologia de avaliação da aptidão das terras para a mesorregião Norte de Minas, observaram que apresenta terras que aptidão para cultivo silvícola e terras que permitem o cultivo agrícola e não sendo encontradas, todavia, terras com aptidão boa para lavoura, as principais limitações encontradas foram, deficiência hídrica, fertilidade, mecanização e susceptibilidade a erosão.

Poelking et al., (2015) ao estudarem o potencial da utilização dos solos da área do Município de Itaara-RS, observou que é constituída, predominantemente, por NEOSSOLOS LITÓLICOS nas encostas declivosas (34%), apresentando forte restrição ao uso com agricultura; ARGISSOLOS VERMELHOS no Topo do Planalto (22%), com aptidão regular para uso agrícola, e o estudo mostrou que o emprego de ferramentas de geoprocessamento permitiu identificar que 52,5% da área se encontrava em uso inadequado, sendo 41,3% subutilizada e 6,2% com utilização acima da sua capacidade.

Dessa forma, o potencial de aptidão agrícola e a forma apropriada de aproveitamento das terras, possuem um fator importante para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, silviculturas, agroflorestais e extrativista, auxiliando na produção e na redução da deterioração das terras. Sendo assim, estudos como esse possibilitam um planejamento agrícola em várias

escalas na tomada de decisão, sendo elas microrregional, regional, microrregional ou local (DELARMELINDA, 2011).

3.10 Solos

Os levantamentos de solos são essenciais aos modelos de desenvolvimento sustentável das sociedades modernas (CURCIO, 2014). As informações contidas nos mapas e relatórios servem para indicar os tipos de sistemas produtivos a serem implantados juntamente com a intensidade de manejo que os solos podem suportar (CURCIO, 2014). Nessa linha, Lepsch (2011) relata que como o solo é um recurso natural, o conhecimento da sua distribuição espacial é de interesse nacional e quanto mais se conhece do solo e sua distribuição espacial, mais racionalmente ele será usado por quem tem a posse da terra e também pela comunidade onde ele se encontra. De acordo com Arrouais et al., (2014), existem três importantes componentes sobre o solo para que haja o uso e manejo sustentável da terra: i) um entendimento da variação do solo, espacializado em mapas, por exemplo; ii) habilidade de detectar interpretar mudanças que ocorrem no solo com o passar do tempo e iii) capacidade de prever o que acontecerá no solo em condições específicas de manejo da terra e mudanças futuras do clima.

3.10.1 Definição de solo

O solo é componente fundamental do ecossistema terrestre, já que é o principal substrato utilizado pelas plantas para o seu desenvolvimento, fornecendo às raízes suporte, água, oxigênio e nutrientes, sendo a base da produção agropecuária (BROCH, 2019).

O solo é considerado um conjunto de corpos naturais tridimensionais e dinâmicos, de origem mineral e orgânica, apresentando fases sólidas, líquidas e gasosas, que podem ser eventualmente modificadas por fatores climáticos e pelo homem (EMBRAPA, 2018). Ainda, é considerado um sistema aberto, que está constantemente sob a ação de fluxos de matéria e energia que troca informações com o meio externo (DALEPIANE e SANES, 2019). Cada solo é caracterizado por uma sequência específica de horizontes, que exposto na vertical, constitui uma unidade básica de estudo do Sistema Brasileiro de Classificação, conhecido como perfil do solo (EMBRAPA, 2018). Através de sua observação, é realizado o estudo dos diversos atributos e propriedades particulares de cada horizonte (BRADY, 2013). Através de trincheiras, ao observar o solo em profundidade, a partir da superfície, é possível identificar subdivisões

relativamente paralelas, chamadas de horizontes. Estes, diferem de acordo com o material de origem, que sofre processos pedogenéticos de adição, perda, translocação e transformação ao longo do tempo, influenciados por ações climáticas, biológicas e antrópicas, além de variarem de acordo com o relevo (BRADY, 2013).

É um componente fundamental para o ecossistema terrestre, resultante da ação dos organismos e do clima sob o material de origem, além de ter extrema importância exerce múltiplas funções, tais como: regulador da distribuição, armazenamento, escoamento, infiltração da água da chuva e irrigação; ciclagem dos nutrientes, entre outras (SILVA et al., 2015). Por isso, seu adequado manejo é de vital importância para manutenção desta produção. Seu uso inadequado tem proporcionado inúmeros problemas, dentre os quais a compactação do solo, que tem gerado perdas em rendimento e que é ocasionada principalmente por operações, como a semeadura, realizadas sem que se leve em consideração as condições adequadas de umidade do solo (BROCH, 2019).

O solo é um recurso natural que demora milhares de anos para se formar e que pode se degradar, muitas vezes até de forma irreversível, em algumas poucas décadas (ou mesmo em alguns anos) por sua má utilização pelo homem (COSTA, 2009), onde se faz uso indo além de sua capacidade de regeneração, implicando em um crescimento econômico contraditório ao que prega o desenvolvimento sustentável, depreciando o capital natural e comprometendo a manutenção da vida futura (DANTAS, 2013).

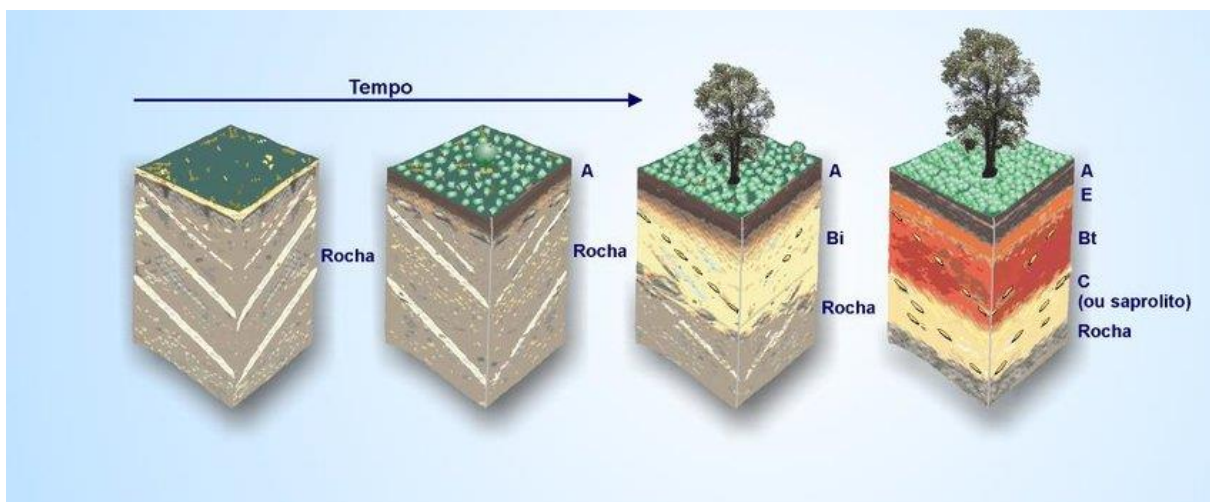
3.10.2 Principais horizontes e Fatores de formação do solo

Obter um conhecimento e o entendimento dos tipos de solos de uma região é de fundamental importância para um planejamento racional dos recursos naturais em função da velocidade e do tipo de ocupação do espaço físico (CABRAL et al., 2019). Os horizontes diagnósticos, são importantes na classificação dos solos, pois os critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS) são fundamentados na presença ou ausência destes horizontes (EMBRAPA, 2018). Os principais horizontes frequentemente identificados são representados pelas letras maiúsculas O, A, E, B e C, além da camada R. Dentro de cada um deles é possível encontrarmos horizontes subordinados ou sub-horizontes, simbolizados por letras minúsculas logo após a letra maiúscula do horizonte principal (BRADY, 2013).

O Horizonte O, geralmente, é formado pelo acúmulo de matéria orgânica acima do solo mineral ou advém de um perfil de solo orgânico. Ele é derivado de resíduos de origem vegetal e animal, comumente depositados e acumulados em áreas de florestas (FONSECA, 2019; BRADY, 2013). Formado na superfície ou seguindo um horizonte O, é encontrado o horizonte A. Este é mineral e é caracterizado pela mistura intrínseca com material orgânico humificado ou por possuir qualidades resultantes, principalmente, da ação antrópica, como, por exemplo, o resultado da modificação das camadas devido ao pastoreio (MATOS, 2019).

Os horizontes subsuperficiais podem ser formados pelo intemperismo de minerais presentes no solo, e por iluviação ou translocação de subprodutos transportados pela percolação da água e depositados em subsuperfície (SANTANA et al., 2017). Estes horizontes, que podem ser observados num corte vertical efetuado num solo (Figura 4), são camadas sensivelmente paralelas à superfície do terreno, separadas umas das outras por limites mais ou menos evidentes, que se distinguem umas das outras através de características como a cor, a textura, a estrutura (agregação), a consistência e a densidade das raízes que nelas ocorre (FONSECA, 2019).

Figura 4 - Representação da evolução temporal dos perfis de solos.



Fonte: LEPSH (2011).

O solo é formado através de diferentes processos pedogenéticos, sendo a maioria controlada por fatores ambientais, sendo eles: clima, organismos, material de origem, relevo e tempo (LEPSCH, 2016). O clima também tem forte influência no processo de formação do solo, seja pelas precipitações pluviométricas, fornecendo água para as reações químicas ou para remoção de constituintes solúveis do sistema solo, bem como, através das temperaturas,

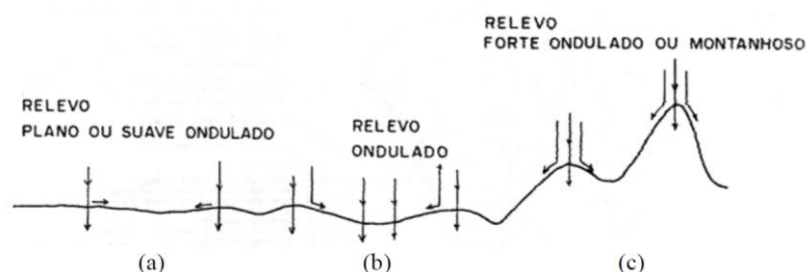
acelerando ou reduzindo, a velocidade das reações (MONTEIRO, 2018) Posto em evidência, o fator clima possui um diferencial em sua atuação, em diferentes condições climáticas, uma mesma rocha pode dar origem a diferentes solos (MATOS, 2019).

A diferenciação dos perfis de solos através da presença dos organismos vivos (micróbios, plantas e animais, incluindo o homem) pode ser observada pelo acúmulo de matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes, o agrupamento de perfis e ao equilíbrio estrutural, sendo a vegetação considerada um fator crítico na determinação das características do solo (BRADY, 2013).

As rochas e os diferentes materiais de origem, podem dar origem a solos parecidos, quando submetidos, em longo prazo, as características climáticas (LEPSCH, 2011).

O relevo e a posição na paisagem influenciam na incidência da radiação luminosa sobre as plantas e, também, na pedogênese, possibilitando a existência de diferentes classes de solos com distintas condições físicas, químicas, hídricas e biológicas (SCIPIONI et al., 2012). A ação do relevo sobre as águas pluviais foi descrita por Kondo (2008) e esquematizada na Figura 5. Na Figura 5-a, quase toda a água, em relevo pouco movimentado, infiltra no solo com pouca perda por escoamento lateral, havendo a tendência de formação de solos profundos, notadamente os LATOSSOLOS. Em relevos deprimidos (Figura 5-b), há a recepção das águas fornecidas pela precipitação direta e aquelas oriundas das vertentes vizinhas, ocasionando freqüentemente o aparecimento de solos hidromórficos. Em relevos muito acidentados, há grande perda da precipitação por escoamento lateral, favorecendo os processos erosivos e dificultando o desenvolvimento de perfis profundos, tendendo à formação de NEOSSOLOS (Figura 5-c).

Figura 5- Representação da influência do relevo na formação do solo.



Fonte: Kondo, (2008).

De todos os fatores de formação do solo, o tempo é o mais passivo, pois não adiciona e nem exporta material, muito menos gerando energia, mas sabe-se que o estado do sistema solo

não é estático, varia com o tempo, entretanto há uma clara distinção entre a idade e a maturidade de um solo (KONDO, 2008). O período necessário para que o solo passe do estágio de jovem para o maduro varia com tempo em que o material de origem fica sob a ação dos demais fatores de formação do solo (LEPSCH, 2016).

3.10.3 Classificação de solos

Os solos brasileiros apresentam uma grande variação na sua composição, tendo a diversidade de suas características, conferindo ao ambiente uma diferenciação de potencialidades de uso (VENTURA, 2016). O conhecimento das características do solo e das classes de solos onde a produção agrícola e pecuária é mais intensa é necessário para a recomendação de tecnologias para incrementar a produtividade (NEGREIROS NETO, 2020).

Segundo EMPRAPA (2018), no Brasil, a classificação dos solos tem sido utilizada como ferramenta auxiliar em levantamentos pedológicos e através da análise de características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas de um perfil de solo é possível realizar a classificação deste.

3.10.3.1 LATOSSOLOS

De acordo com o IAC (2021), os LATOSSOLOS são solos minerais, homogêneos, com pouca diferenciação entre os horizontes ou camadas, reconhecidos facilmente pela cor, quase homogênea do solo com a profundidade (DALEPIANE e SANES, 2019). Os solos dessa classe são aqueles com horizonte B latossólico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018). Os LATOSSOLOS são profundos, bem drenados e com baixa capacidade de troca catiônica, com textura média ou mais fina (argilosa, muito argilosa) e, com mais frequência, são pouco férteis (MONTEIRO, 2018). São os mais desenvolvidos da crosta terrestre, ocupando, portanto, as partes há muito tempo expostas da paisagem, em que o tempo de exposição de uma partícula, desde que se desagrega da rocha fresca, transformada até ser removida pela erosão, é muito expressivo (REGO, 2015). Os LATOSSOLOS são solos constituídos por material mineral, que apresentam horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer horizonte diagnóstico superficial, exceto o hístico. A baixa capacidade de retenção de nutrientes está relacionada ao elevado estágio de intemperização, que contribui com a baixa capacidade de troca de cátions.

Os LATOSSOLOS se desenvolvem sob condições de relevo plano a suave ondulado (FERREIRA, 2008; OLIVEIRA, 2009). As boas características físicas naturais destes solos induzem, geralmente, a uma utilização agrícola bastante intensiva, pois são muito profundos e ocorrem em áreas facilmente mecanizáveis, entretanto, devido a sua textura argilosa, o uso de máquinas pesadas e as práticas de preparo convencionais com revolvimento intensivo do solo, na maioria das vezes fora do teor adequado de umidade, têm provocando uma rápida degradação física dos mesmos, nesses solos é comum a formação de crostas superficiais e camadas compactas subsuperficiais, entre 10 e 20 cm de profundidade, que conduzem a sérias perdas de solo por erosão hídrica (UFSM, 2021).

São considerados solos muito profundos, sendo que dificilmente existirá um perfil de solo com espessura menor que um metro. Apresentam horizontes A, B, C, podendo ocorrer transições difusas ou graduais entre os horizontes (EMBRAPA, 2018). Devido às boas condições físicas e aos relevos mais suaves, apresentam alto potencial para o uso agrícola (EMBRAPA, 2021a). Os LATOSSOLOS apresentam características físicas favoráveis, para a mecanização agrícola, pois geralmente são bem permeáveis, friáveis, profundos e moderada retenção de água, que tornam esses solos bastante aptos para a agricultura com nível médio a alto de tecnologia, mas necessita correção de suas limitações químicas (IAC, 2021). Observa-se que os solos dessas classes apresentam como principais fatores restritivo a limitação química, pois são muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, representados normalmente por sua baixa a média capacidade de troca de cátions e mais de 95% dos latossolos são distróficos e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5 e teores de fósforo disponível extremamente baixos, quase sempre inferiores a 1 mg/dm³, em geral são solos com grandes problemas de fertilidade (EMBRAPA, 2021a).

3.10.3.2 CAMBISSOLOS

CAMBISSOLOS são solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial (exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura) ou horizonte A chernozêmico quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta e Plintita e/ou petroplintita, horizonte glei ou horizonte vértico, se presentes, não satisfazem os requisitos para PLINTOSSOLOS, GLEISSOLOS ou VERTISSOLOS, respectivamente (EMBRAPA, 2018). Os CAMBISSOLOS são definidos como solos frágeis quanto aos aspectos morfogenéticos, considerados unidades pedológicas em

plena transformação, com baixo grau de intemperismo, caracterizados por apresentar um horizonte B incipiente e elevados teores de silte ao longo do perfil (ABRÃO et al., 2017). Os fatores limitantes desses solos estão relacionados ao relevo e/ou fase de rochosidade e pedregosidade que podem ocorrer, restringindo a mecanização nas áreas de maior declive (UFSM, 2021). Quando ocorrem em ambientes de relevos mais declivosos, os CAMBISSOLOS mais rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola relacionadas à mecanização e à alta suscetibilidade aos processos erosivos (EMBRAPA, 2021b). Os CAMBISSOLOS nem sempre são aptos para o uso com sistemas produtivos agrícolas, em função dos condicionantes que determinam maior suscetibilidade à erosão, tais como elevadas declividades e pequenas espessuras e outro fator a ser considerado é a pedregosidade, a qual restringe ou mesmo impede a possibilidade de mecanização deste solo (PRONASOLOS PARANÁ, 2021). Os teores de silte em relação à argila podem promover o selamento superficial de algumas camadas, dificultando a infiltração de água e aumentando o escoamento superficial e a erosão no solo (RESENDE et al., 2014), fatores que tornam esses solos naturalmente suscetíveis à degradação.

3.10.3.3 ARGISSOLOS

Os ARGISSOLOS são solos definidos pela presença de horizonte B textural, apresentando acúmulo de argila em profundidade devido à mobilização e perda de argila da parte mais superficial do solo (EMBRAPA, 2018). A transição entre o horizonte superficial e este horizonte normalmente é bem visível, podendo ser abrupta ou gradual. Possuem diferentes graus de profundidade, podendo ser desde forte a imperfeitamente drenados, normalmente vermelhos ou amarelos, porém podem se apresentar com cores mais brunadas ou acinzentadas (MATOS, 2019). A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, com aumento gradual do teor de argila de um horizonte para o outro (EMBRAPA, 2018). Apresentam frequentemente, baixa atividade da argila (capacidade de troca de cátions (CTC)), podendo ser alíticos (altos teores de alumínio), distróficos (baixa saturação de bases) ou Eutrófico (alta saturação de bases), sendo normalmente ácidos (SILVA, 2014). Ocorrem geralmente em áreas de relevo ondulado, mas podem ser identificados em áreas menos declivosas, o que favorece a mecanização (EMBRAPA, 2021c). Os ARGISSOLOS podem ser bastante suscetíveis à erosão e de difícil mecanização, quando localizados em uma área de relevo forte-ondulado a montanhoso (SILVA et al., 2008). Estes solos apresentam boa

profundidade efetiva, o que facilita o uso de máquinas e implementos agrícolas no preparo do solo, mas com sérios riscos à erosão devido à estrutura e a textura argilosa/média argilosa (BARDALES et al., 2015).

3.10.3.4 NEOSSOLOS

Os NEOSSOLOS têm em sua constituição material mineral ou orgânico e normalmente não ultrapassam espessuras de 20 cm e são caracterizados por não apresentar um horizonte diagnóstico B, não apresentam grandes modificações em seu material de origem, devido não sofrer grandes ações intempéricas e possuir composição química e relevo que dificultam sua evolução (MATOS, 2019). Essa classe pode ser subdividida em NEOSSOLOS FLÚVICOS, LITÓLICOS, QUARTZARÊNICOS e REGOLÍTICOS (EMBRAPA, 2018). Sendo os NEOSSOLOS LITÓLICOS, os mais representativos no semiárido brasileiro, ocorrendo principalmente em regiões acidentadas com a constatação de afloramentos rochosos. Estes apresentam horizonte A diretamente sobre a rocha ou horizonte C pouco desenvolvido (RIBEIRO et al., 2009). Em ambientes de relevos mais declivosos, os NEOSSOLOS LITÓLICOS mais rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola relacionadas à restrição a mecanização e à forte suscetibilidade aos processos erosivos (EMBRAPA, 2021d). No subplanalto de Cascavel os levantamentos executados pelo PronaSolos Paraná identificaram a presença destes solos em paisagens mais movimentadas, constituídas por relevos de alta declividade (forte ondulado – 20 a 45% e montanhoso – 46 a 70%) (PRONASOLOS PARANÁ, 2021a). Os NEOSSOLOS LITÓLICOS apresentam textura mais leve (média) com presença de pedregosidade (calhaus – 2 – 20 cm; matações – 20 a 100 cm) e não raramente, rochosidade (maior que 100 cm) e estas frações estabelecem forte restrição à mecanização agrícola, além de prover menores quantidades de água disponível para as plantas, esta condição associada às pequenas espessuras, determinam maior possibilidade de ressecamento do solo (PRONASOLOS PARANÁ, 2021a).

Os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, conceitualmente, apresentam textura arenosa até a profundidade mínima de 150 cm ou até que atinja uma camada lítica, exceto quando essa profundidade não seja inferior a 50 cm, onde os minerais quartzo, calcedônia e opala predominam em 95% da fração areia, sendo praticamente impossível encontrar minerais primários alteráveis (NEGREIROS NETO, 2020). As principais limitações estão relacionadas ao armazenamento de água e nutrientes, pois a presença de quartzo na constituição da porção

mineral desses solos os torna praticamente desprovidos de reserva potencial de nutrientes e capacidade de troca catiônica (CTC) (NEGREIROS NETO, 2020). Essa função é transferida para a porção orgânica do solo. Com isso, o manejo no sistema plantio direto (SPD) tem grande importância nessa ordem de solos, quando utilizados para agricultura, uma vez que o risco de estresse hídrico nos pequenos veranicos os faz reduzir produtividade (SÁ, 2007).

3.10.3.5 NITOSSOLOS

Os NITOSSOLOS brasileiros estão geralmente associados às rochas basálticas das regiões Sul e Sudeste (NEVES et al., 2018). São solos medianamente profundos, bastante intemperizados e com fraca diferenciação entre os horizontes, mas com macroagregados nítidos e reluzentes nos horizontes b (LEPSCH, 2016). Compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa (teores de argila iguais ou maiores que 350 g kg^{-1} de TFSA) desde a superfície do solo, estrutura em blocos subangulares ou angulares ou prismática, de grau moderado ou forte, com cerosidade expressiva e/ou caráter retrátil (EMBRAPA, 2018). Constituídos por material mineral, com horizonte B nítico (reluzente) de argila de atividade baixa, textura argilosa ou muito argilosa, estrutura em blocos subangulares, angulares ou prismática moderada ou forte, com superfície dos agregados reluzente, relacionada a cerosidade e/ou superfícies de compressão (KONDO, 2008). A boa drenagem, combinada as boas condições químicas, bem como a alta possibilidade de mecanização dos NITOSSOLOS contribuem para elevadas produtividades agrícolas, não raramente, superiores a registrada em LATOSSOLOS VERMELHOS (PRONASOLOS PARANÁ, 2021b). Em áreas mais planas, os NITOSSOLOS, principalmente os de maior fertilidade natural e de maior profundidade, apresentam alto potencial para o uso agrícola, e em ambientes de relevos mais declivosos, apresentam alguma limitação para uso agrícola relacionada à restrição a mecanização e à susceptibilidade à erosão (EMBRAPA, 2021e).

3.10.3.6 GLEISSOLOS

GLEISSOLOS são comuns nas baixadas úmidas, solos formados em condições de saturação com água, presentes principalmente em planícies ou várzeas inundáveis e têm coloração pouco viva, esmaecida, com tendência às cores acinzentadas devido à remoção e redução do ferro (LEPSCH, 2016). Compreendem solos minerais, hidromórficos, que

apresentam horizonte glei dentro de 50 cm a partir da superfície ou a profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm desde que imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização) ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos ORGANOSSOLOS (EMBRAPA, 2018). Sua textura, variável de arenosa à argilosa, e sua fertilidade, variável de baixa à elevada, são bastante dependentes dos solos do seu entorno e de solos de outras posições à montante (LEMOS NETO, 2019).

Os GLEISSOLOS apresentam limitações ao uso agrícola, devido à presença de lençol freático elevado e ao risco de inundações ou alagamentos frequentes. Apresentam em geral, fertilidade natural baixa à média, limitação moderada a forte ao uso de máquinas agrícolas, em condições naturais, devido ao excesso d'água (EMBRAPA, 2021f). As limitações mais comuns dos GLEISSOLOS são sua elevada frequência de inundação e o longo período de solo saturado por água, consequência de cheias dos cursos d'água ou da elevação do lençol freático (LEMOS NETO, 2019). De acordo com Silva et al., (2020) solos com baixa permeabilidade, como os GLEISSOLOS, apresentam diversos problemas como a dificuldade de aeração, além de afetar a resistência do solo à mecanização agrícola.

3.10.3.7 PLINTOSSOLOS

Solos com plintita, conhecidos como Laterita Hidromórfica, Podzólicos Plínticos, LATOSSOLOS PLÍNTICOS (KONDO, 2008). Compreendem solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, e se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintitização com ou sem petroplintita na condição de que não satisfaçam aos requisitos estipulados para as classes dos NEOSSOLOS, CAMBISSOLOS, LUVISSOLOS, ARGISSOLOS, LATOSSOLOS, PLANOSSOLOS ou GLEISSOLOS (EMBRAPA, 2018). Apresentam horizonte com pronunciado acúmulo de óxidos de ferro e/ou alumínio na forma de nódulos e /ou concreções, ou mesmo de camadas contínuas (LEPSCH, 2016). Parte dos solos desta classe (solos com horizonte plíntico) tem, em sua grande maioria, ocorrência relacionada a terrenos de várzeas, áreas com relevo plano ou suave ondulado e menos frequentemente ondulado, em zonas geomórficas de depressão (EMBRAPA, 2018).

Os PLINTOSSOLOS apresentam restrições de drenagem e/ou presença de elevada quantidade de cascalhos e pedregosidade (LUMBRERAS et al., 2015). Por serem formados, normalmente, sob condições de restrição à percolação da água ou sujeitos ao efeito temporário

de excesso de umidade, são normalmente, imperfeitamente ou mal drenados e as principais limitações desta classe de solo para o uso agrícola estão relacionadas à baixa fertilidade natural, acidez elevada e drenagem (EMBRAPA, 2021g). Os PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários, sendo usualmente pobres quanto à fertilidade natural e, devido ao impedimento, à mecanização e à penetração de raízes, representada pelas concreções, são normalmente utilizados com pastagens (MOREIRA e OLIVEIRA et al., 2008).

3.11 As imagens de satélite na identificação do uso e ocupação dos solos

O conhecimento das áreas de uso de uma determinada região, além de possibilitar o direcionamento adequado do tipo de manejo, permite identificar possíveis problemas acarretados pelo efeito das ações antrópicas sobre essas regiões, tendo relação direta com a conservação e a exploração sustentável dos recursos naturais (SILVEIRA et al., 2014). É obtido através do sensoriamento remoto voltado para o estudo da vegetação, por diferentes tipos de técnicas, entre as quais as técnicas de classificação automática de imagem de satélite (AVELINO, 2018). Para analisar uma vegetação, é possível utilizar processamento de imagens de satélite com o intuito de propiciar uma melhor extração dos alvos analisados (BARBOSA et al., 2021). As imagens permitem calcular com maior precisão as áreas de lavouras, matas e pastagens, além de se constituírem um valioso instrumento para a seleção de locais para plantio de culturas anuais, formação de pomares, locação de estradas, represas, entre outros (BARBOSA et al., 2007). O uso de imagens orbitais proporciona uma visão sinóptica do terreno e melhor realce dos objetos terrestres através do espectro eletromagnético, possibilitando no melhor aproveitamento do contexto espacial para medir os impactos naturais e antrópicos, sejam eles locais ou regionais (GAMEIRO et al., 2016).

Ao mesmo tempo, o planejamento adequado da terra deve ser realizado constantemente para que a degradação não ocorra ou, ao menos, seja diminuída ao longo dessas áreas, principalmente nas áreas de preservação permanente (SILVEIRA et al., 2014). O conhecimento desses elementos permitirá não só a contextualização do uso e cobertura da terra, como também na identificação de áreas com problemas de cunho ambiental, contribuindo assim em projetos de planejamento e gestão do uso e ocupação da terra (RIBEIRO et al., 2014). Assim, para que se possa estruturar e viabilizar um planejamento e a implementação de uma política agrícola adequada há necessidade de se ter informações confiáveis e atualizadas referentes ao uso e ocupação da terra atual (GARCIA et al., 2020).

Rodrigues et al., 2017 ao realizar a análise temporal do uso e ocupação do solo, por imagens de satélite na sub-bacia do rio Cedro, norte de Minas Gerais, observaram a diminuição da cobertura vegetal e, conseqüentemente, o aumento expressivo das áreas de solo exposto, evidenciando a necessidade de implementação do planejamento ambiental na bacia e de políticas públicas objetivando a conciliação do desenvolvimento econômico com a preservação dos recursos naturais existentes. Nesse sentido, Rocha et al., (2016) ao realizar a classificação do uso e ocupação do solo do município de Bambuí-MG, e a quantificação das classes temáticas, observaram que aproximadamente 30% da área total do município é composta por solo exposto, o que representa uma situação prejudicial ao meio ambiente, à saúde e segurança pública, além disso 36,26% é composta por fragmentos de vegetação nativa que pode funcionar como trampolins e corredores ecológicos, conectando a paisagem e propiciando uma recuperação natural das áreas degradadas.

Pereira et al., (2017) ao classificarem o uso e ocupação do solo, a partir das imagens de satélite, da rede de drenagem localizada a montante do barramento da Usina Hidrelétrica Barra do Braúna no estado de Minas Gerais, observaram que esta apresenta uma cobertura vegetal predominantemente rasteira (57%), seguida pela existência de vegetação arbórea (28%), já as áreas urbanizadas compreendem cerca de 3%, enquanto a parcela restante é representada pela presença de solo exposto.

A classificação dessas imagens foi muito útil para a avaliação da paisagem, inclusive para o monitoramento da evolução das áreas de queimadas, além de fornecerem um banco de dados para a classificação supervisionada e para futuros trabalhos de planejamento e monitoramento nessa área. O método de classificação utilizado se mostrou muito eficiente para a identificação das distintas classes temáticas nesta escala de trabalho, mesmo levando em conta alguns ajustes manuais (LACERDA, 2021).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

Foi utilizada a Bacia hidrográfica do Rio Grande, porção situada em Minas Gerais (Figura 6), localizada entre as coordenadas geográficas $21^{\circ}19'6.13''\text{S}$ e $20^{\circ}3'55.76''\text{S}$ de latitude S e $43^{\circ}34'54.59''\text{O}$ e $50^{\circ}59'51.91''\text{O}$ de longitude W Gr e altitude variando de 350 a 2.900 m, com área nos Estados de Minas Gerais e São Paulo, abrange uma superfície de 143.000 km², desde a Serra da Mantiqueira no sul de Minas Gerais até a região do Triângulo Mineiro a oeste do Estado. Sua área de drenagem no estado de Minas Gerais é de aproximadamente 86.800 km², correspondente a 60,8% da área total da bacia (ATLAS DAS ÁGUAS UFV, 2021).

Figura 6- Localização da área de estudo.



Fonte: (Próprio Autor, 2021).

4.2 Base de dados

A construção da base de dados de relevo, bem como os processamentos foram realizados no software QGIS[®] 3.16. A primeira etapa do trabalho consistiu na geração do modelo digital de elevação (MDE), a partir da mesclagem de imagens rasters que recobrem a área de interesse, adquiridas de forma gratuita do portal Earth Data (ASF ALASKA, 2021), com resolução espacial de 12,5 m, obtida do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) equipado com o radar de alta resolução PALSAR (*Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*), a partir de agora denominado MDE ALOS/PALSAR.

O arquivo shapefile com as informações das classes de uso e ocupação do solo, para a região de estudo, foi elaborado e disponibilizado pela equipe do Laboratório de Projetos e Estudos em Manejo Florestal – LEMAF/ UFLA. A base de dados faz parte do programa de Revitalização das Áreas de Preservação Permanente da Bacia do Rio Grande, resultado de uma parceria entre a UFLA e a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) para a construção de um modelo fitogeográfico da bacia, em razão da sua importância no fornecimento de água e geração de energia elétrica para o Estado de Minas Gerais.

As imagens utilizadas no levantamento de classificação da cobertura de uso e ocupação solo foram obtidas de forma gratuita no portal Earth Explorer (USGS, 2021), do sensor OLI do satélite LANDSAT 8. E através dessas fotografias aéreas verticais coloridas, obtidas na escala 1: 2.500.000 entre os anos de 2015 e 2017, utilizando-se de combinações das bandas 3, 4 e 5, pois estas apresentam uma boa discriminação visual dos objetos de interesse, possibilitando a identificação dos padrões de uso do solo de maneira lógica.

O arquivo shapefile com as informações das classes de solo presentes na área de estudo foi obtido a partir do Mapa exploratório de solos do Estado de Minas Gerais (UFV - CETEC - UFLA - FEAM, 2010). Após a aquisição do arquivo shapefile contendo as classes de solos do Estado de Minas Gerais até o 4º nível categórico (Subgrupo), de acordo com a Tabela 1, foi utilizado o software QGIS[®] 3.16, para realizar o recorte do shapefile com informações de classes de solo, utilizando o shapefile do perímetro da Bacia hidrográfica do Rio Grande, porção de situada no estado de Minas Gerais, como camada máscara.

Tabela 1- Principais classes de solos da Bacia do Rio Grande-MG.

ARGISSOLO
Conhecidos anteriormente como Podzólico Vermelho-Amarelo, parte das Terras Roxas Estruturadas e similares, Terras Brunas, Podzólico Amarelo, Podzólico Vermelho-Escuro. Solos com B textural, argila de atividade baixa, ou conjugada com saturação por bases baixa ou caráter álfico.
CAMBISSOLO
Horizonte A ou hístico sobre horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, desde que em qualquer dos casos não satisfaçam os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes VERTISSOLOS, CHERNOSSOLOS, PLINTOSSOLOS ou GLEISSOLOS. Têm seqüência de horizontes A ou hístico, Bi, C, com ou sem R.
GLEISSOLOS
Conhecidos como Gleí Húmico ou Pouco Húmico, Hidromórfico Cinzento, Gleí Tiomórfico. Horizonte glei dentro dos primeiros 150cm da superfície do solo, imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou de horizonte hístico <40cm.
LATOSSOLO
Compreende solos constituídos por material mineral, Horizonte B latossólico abaixo de qualquer horizonte A dentro de 200cm da superfície ou de 300cm se horizonte A tiver mais de 150cm de espessura. O horizonte B latossólico não pode estar abaixo de horizonte hístico.
NEOSSOLO
Solos pouco desenvolvidos, anteriormente designados por LITOSSOLOS, ALUVIAIS, LITÓLICOS, AREIAS QUARTZOSAS e REGOSSOLOS. Sem horizonte B, glei, vértico, plíntico ou A chernozênico junto com caráter carbonático, ou conjugado com horizonte C cálcico, ou com caráter carbonático.
NITOSSOLO
Corresponde à Terra Roxa Estruturada e Similar, Terra Bruna Estruturada e Similar, alguns Podzólicos Vermelho-Escuros. Horizonte B nítico, teor de argila > 350g/kg, argila de atividade baixa ou caráter alítico, estrutura em blocos ou prismáticas moderada ou forte e superfícies reluzentes relacionadas à cerosidade e/ou superfícies de compressão. A relação textural é $\leq 1,5$.
PLINTOSSOLO
Solos com plintita, conhecidos como Laterita Hidromórfica, Podzólicos Plínticos, LATOSSOLOS PLÍNTICOS. Expressiva plintização, com ou sem formação de petroplintita (concreções). Imperfeitamente ou mal drenado; horizonte plíntico, f, em algum sub-horizonte de 0 a 40cm, ou 0 a 20cm; nesse caso, quando abaixo do horizonte E ou de horizonte com propriedades hidromórficas, como cores variegadas ou mosqueados abundantes.

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2006, 2018).

As informações de nível categórico, demonstradas na Tabela 1, são importantes pois a partir dela pode-se deduzir com mais clareza as particularidades geomorfológicas facilitando a avaliação técnica-interpretativa dos fatores limitantes a mecanização encontrada em cada classe de solo. Através do Levantamento Exploratório de Solos de Minas Gerais verificou-se uma grande heterogeneidade da cobertura edáfica da Bacia do Rio Grande o que pode ser atribuído as particularidades geomorfológicas e geológicas da região. Observando-se a predominância

das seguintes classes de solos: LATOSSOLOS AMARELO (LA), LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO (LVA), LATOSSOLOS VERMELHO (LV), CAMBISSOLOS HÚMICO (CH), CAMBISSOLOS HÁPLICO (CX), NEOSSOLO LITÓLICO (RL), NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (RQ), NEOSSOLOS FLÚVICOS (RY), ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO (PVA), ARGISSOLOS VERMELHO (PV), NITOSSOLOS VERMELHO (NV), NITOSSOLOS HÁPLICO (NX), GLEISSOLO MELÂNICO (GM), PLINTOSSOLO ARGILÚVICO (FT), AFLORAMENTOS ROCHOSOS (AR) (UFV - CETEC - UFLA - FEAM, 2010).

4.3 Mapas dos fatores limitantes a mecanização agrícola dos solos

Os mapas especializados, com os fatores do solo limitantes à mecanização agrícola para a região da Bacia do Rio Grande, foram obtidos através da interpretação das características das diferentes classes de solos encontradas no Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado de Minas Gerais (UFV - CETEC - UFLA - FEAM, 2010). Esta classificação foi realizada através da interpretação das características das classes de solos observadas na área de estudo e enquadramento em relação aos fatores de limitantes à mecanização agrícola, apresentados na Tabela 2. Para isso foi utilizada a metodologia proposta por Francisco et. al., (2012), onde foi elaborada através de uma planilha, a interpretação dos parâmetros e sua classificação, de acordo com os graus de aptidão: nula, ligeira, moderada, forte, muito forte.

Tabela 2 - Fatores do solo limitantes à mecanização agrícola.

Grau de Impedimento	Pedregosidade	Profundidade Efetiva (m)	Textura	Drenagem
Nula	Ausente 0%	> 0,8	Arenosa	Fortemente
Ligeira	Poucas < 10%	0,6 a 0,8	Média/Siltosa	Acentuadamente Bem drenada
Moderada	Muitas < 15%	0,4 a 0,6	Argilosa	Moderadamente
Forte	Bastante < 40%	0,2 a 0,4	Argilosa 2:1/ Muito Argilosa	Imperfeitamente
Muito forte	Grande Quant. >40%	0 a 0,2	Muito Argilosa 2:1	Mal drenada

Fonte: Adaptado de Francisco (2010).

De acordo com o Mapeamento exploratório de solos do estado de Minas Gerais, foram encontradas na área de estudo as seguintes classes de solos de acordo com o Sistema de

classificação atual: AR6 a AR8, LAd2 a LAd7; LVAd27 a LVAd79; LVd12 a LVd25; LVdf3 e LVdf4; CHd2 a CHd8; CXbd25 a CXbd37; CXbe11 a CXbe13; RLd8 a RLd14; RLe6; RLh1; PVAd12 a PVAd18; PVAd22 a PVAd26; PVd2 a PVd6; PVe3 a PVe19 (UFV - CETEC - UFPA - FEAM, 2010). E por meio da avaliação técnica-interpretativa das classes de solos encontradas e os fatores do solo limitantes à mecanização agrícola descritos na Tabela 2, e por meio da avaliação técnica-interpretativa das classes de solos encontradas e os fatores do solo limitantes à mecanização agrícola descritos no Tabela 2, foi possível agrupar tipos de solos em relação aos graus de impedimento à mecanização agrícola para cada um dos fatores limitantes descritos: pedregosidade, profundidade efetiva, textura e drenagem.

E utilizando a função “Condiciona” do QGIS® 3.16 atribuiu-se um valor de 1 a 5 para representar quantitativamente os níveis de impedimento à mecanização correspondente a cada uma das classes, conforme o exemplo da expressão a seguir:

CASE

WHEN "Pedregosidade" = 'Nula-Ausente' THEN '1'

WHEN "Pedregosidade" = 'Ligeira-Pouca' THEN '2'

WHEN "Pedregosidade" = 'Moderada-Muitas' THEN '3'

WHEN "Pedregosidade" = 'Forte' THEN '4'

WHEN "Pedregosidade" = 'Água' THEN '0'

WHEN "Pedregosidade" = 'Muito-Forte-Grande Quantidade' THEN '5'

END

Os mapas com as informações quantitativas de limitação de classes dos fatores pedregosidade, profundidade efetiva, textura, drenagem e declividade do solo foram combinados por tabulação cruzada (com pesos iguais) para resultar no mapa geral de classes de impedimento à mecanização. E por meio da ferramenta de verificação de Tipologias do QGIS, verificou-se a ocorrência de erros de geometrias duplicadas ou sobreposição de camadas, afim de evitar distorções nos cálculos das porcentagens de área das diversas classes em estudo.

4.4 Mapas de classes de declividade e altitude

A declividade é um atributo primário calculado diretamente a partir do Modelo Digital de Elevação. Dessa forma, o modelo digital de elevação (MDE) da Bacia do Rio Grande - MG, foi obtido a partir da mesclagem de 62 imagens rasters que recobrem a área de interesse. Em seguida, por meio da ferramenta declividade do GDAL (plugin do software QGIS® 3.16) foi

obtido o raster de declividade em porcentagem, e depois utilizando-se a ferramenta de raster r.reclass do GRASS (plugin do software QGIS® 3.16), foi gerado o mapa com as seguintes classes de declividade para a aptidão da mecanização: Extremamente Apta (0-5%), Muito Apta (5-10%), Apta (10-15%), Moderadamente Apta (15-20%), Não Recomendada (>20%) (SILVA e ALVES, 2013).

A ferramenta declividade calcula a taxa de mudança máxima, a partir de oito células adjacentes a uma célula central. O valor da inclinação do plano formado por nove células será calculado por meio da técnica de média máxima. Se a célula adjacente à central ou na borda do quadro estiver fora do âmbito de varredura, conter valores nulos ou lacunas e/ou problemas referentes à modelos de elevação do terreno, nesta célula será atribuído o valor da célula central. A declividade em porcentagem será calculada pela mudança na altura (dZ), dividida pela mudança na distância (dX) multiplicada por 100 [Declividade % = (dZ/dX)*100] e essa extensão informará a inclinação do relevo pelo diferencial altimétrico entre as células adjacentes (HÖFIG et al., 2015).

O mapa de altitude foi obtido a partir Modelo digital de elevação (MDE), empregando a ferramenta de raster r.reclass do GRASS (plugin do software QGIS® 3.16), gerado o mapa com diferentes classes de altitude para a região de estudo (DIAS e ROSENDO, 2019).

4.5 Mapa de classificação de uso e ocupação do solo

Foram utilizadas imagens provenientes do sensor OLI (que é um sensor óptico) a bordo do satélite Landsat 8, com resolução espacial de 30 metros e temporal de 16 dias. Para o recobrimento da bacia foram utilizadas doze cenas contendo imagens da estação de inverno no ano de 2013 e imagens da estação verão no ano de 2015 e teve atualizações no banco de dados até o ano de 2017. A seleção de imagens em diferentes estações do ano contribuiu para uma melhor caracterização de determinadas classes de uso e cobertura do solo como certas fisionomias que apresentam deciduidade da vegetação, e culturas agrícolas com safras temporárias (ACERBI JÚNIOR, et al., 2013).

Definição de classes: As classes de cobertura do solo foram definidas de acordo com o projeto “Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais” desenvolvido pelo Laboratório de Projetos e Estudos em Manejo Florestal no ano de 2009. Os conceitos e nomenclaturas foram atualizados de acordo com Oliveira-Filho et al., (2006).

Segmentação: A segmentação das imagens é um processo realizado antes da classificação, com o objetivo de dividir a imagem em regiões homogêneas através do agrupamento dos pixels similares nos diferentes comprimentos de onda da imagem (JUSTEN et al., 2016; ACERBI JÚNIOR, et al., 2013). Para a classificação da cobertura do solo, foi utilizado o conceito de classificação orientada ao objeto onde não somente as informações espectrais são consideradas, mas também informações espaciais da imagem. Para a classificação automática, foi necessário a preparação do algoritmo classificador por meio das amostras de treinamento. Cinquenta objetos por classe de cobertura do solo foram selecionados para o treinamento do algoritmo de classificação.

Edição pós-classificação: A edição pós-classificação foi realizada para a correção de possíveis erros provenientes de confusões entre classes (SANTOS e NUNES, 2021; ACERBI JÚNIOR, et al., 2013). Esta edição foi realizada sistematicamente em todas as cenas que recobrem a Bacia do Rio Grande com o auxílio de imagens de alta resolução espacial e dados coletados em campo.

4.6 Mapa de aptidão à mecanização agrícola dos solos

O mapa de aptidão à mecanização agrícola foi obtido através da interpretação entre os mapas resultantes da declividade do solo e das classes solos. Todos os procedimentos foram realizados no software QGIS 3.16. Para a realização da aptidão à mecanização agrícola dos solos, foi utilizada a metodologia proposta por Francisco et. al., (2012), onde foi elaborada através de uma planilha, a interpretação dos parâmetros e sua classificação, de acordo com os graus de aptidão: nula, ligeira, moderada, forte, muito forte. Esta classificação foi realizada através de uma chave interpretativa (Tabela 3), a partir dos critérios de enquadramento dos atributos diagnósticos dos solos, e após, elaborado o mapa de aptidão à mecanização.

Tabela 3- Chave de interpretação dos graus de impedimento à mecanização agrícola.

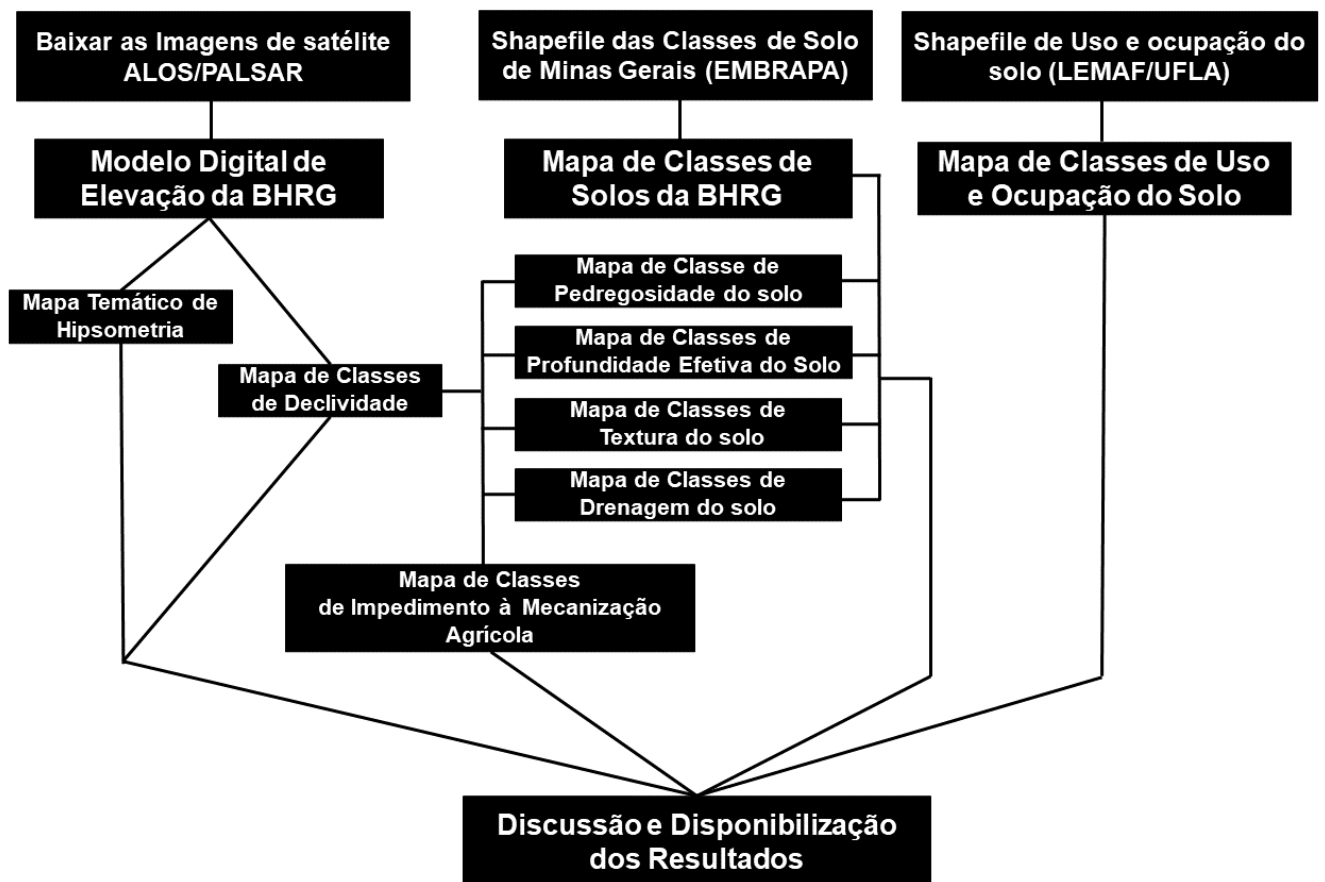
Graus de impedimento à mecanização agrícola						
Declividade	Pedregosidade	Profundidade Efetiva (m)	Textura	Drenagem	Grau de Impedimento	Classe de Aptidão
0-5%	Ausente 0%	> 0,8	Arenosa	Fortemente	Nula	1 – Muito Alta
5-10%	Poucas < 10%	0,6 a 0,8	Média/Siltosa	Acentuadamente Bem drenada	Ligeira	2 - Alta
10-15%	Muitas < 15%	0,4 a 0,6	Argilosa	Moderadamente	Moderada	3 - Moderada
15-20%	Bastante < 40%	0,2 a 0,4	Argilosa 2:1/ Muito Argilosa	Imperfeitamente	Forte	4 - Baixa
>20%	Grande Quant. >40%	0 a 0,2	Muito Argilosa 2:1	Mal drenada	Muito forte	5 - Restrita

Fonte: Adaptado de Francisco (2010).

Nesta avaliação técnica-interpretativa, visa agrupar tipos de solos em relação à adequação a prática de preparo convencional mecanizado, sem considerar variações de condições climáticas e, ou, alternativas outras de uso e preparo de solo. E que, aplicada a um levantamento de solos do nível exploratório-reconhecimento, os resultados obtidos incorporam as abstrações impostas pela escala de trabalho. Os parâmetros utilizados para definir a aptidão à mecanização dos solos serão enquadrados em classes, considerando-se a seguinte descrição indicada por (FRANÇA, 2015): Muita Alta (I) – área com requisitos favoráveis à mecanização agrícola; Alta (II) – área com condições favoráveis à mecanização, com limitação de pelo menos uma característica que impede o enquadramento na classe anterior; Moderada (III) – área com presença de restrições, principalmente relacionadas ao relevo, à drenagem e à profundidade efetiva; Baixa (IV) – área de acentuadas características restritiva não recomendada à mecanização; Restrita (V) – área avaliada imprópria à mecanização agrícola. Para as áreas de preservação mapeadas, como regiões de APP, será criada a classe Especial para separá-las, por serem de preservação e de difícil uso, no caso da mecanização agrícola.

Para maior compreensão da metodologia foi construído um fluxograma de cada etapa do processo dividido e apresentado na Figura 7.

Figura 7- Sequência metodológica do trabalho



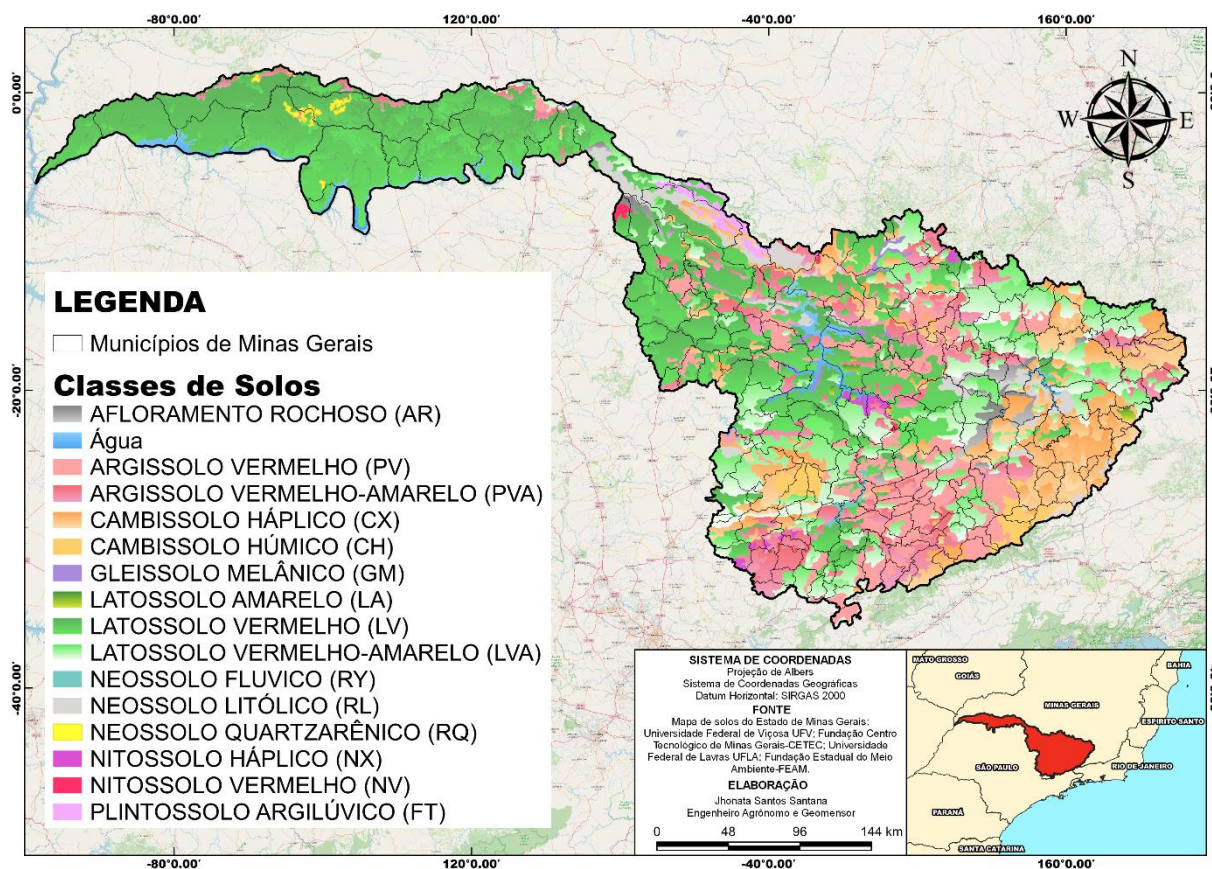
Fonte: Próprio Autor, (2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Classes de solos

Na esfera de classificação do solo, é notória a heterogeneidade de variedades de classes, representados no mapa de classificação dos solos da Bacia hidrográfica do Rio Grande, porção situada no Estado de Minas Gerais, como pode ser observado na Figura 8.

Figura 8- Principais classes de solos da Bacia do Rio Grande-MG.



Fonte: Adaptado de UFV - CETEC - UFLA - FEAM (2010).

A maior parte dos solos da área de estudo são de LATOSSOLOS VERMELHO E LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO, que juntos ocupam 56,56% da área total da bacia, seguida de ARGISSOLOS, ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (9,88%) E ARGISSOLO VERMELHO (9,53%), a terceira classe de solos de maior frequência são de CAMBISSOLOS, especialmente CAMBISSOLO HÁPLICO que compreende 13,77%.

De acordo com Peixoto et al., (2016) cerca de 70% dos solos do Estado de Minas Gerais são muito intemperizados, como os LATOSSOLOS, os ARGISSOLOS e os NITOSSOLOS,

além daqueles cujo intemperismo é limitado pelo material de origem como NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS e aproximadamente 17% dos solos restantes pertencem à classe dos CAMBISSOLOS, que muitas das vezes apresentam mineralogia Latossólica. Os LATOSSOLOS são solos minerais, homogêneos, com pouca diferenciação entre os horizontes ou camadas, reconhecido facilmente pela cor quase homogênea do solo com a profundidade (IAC, 2015).

Menezes et al., (2009) ao realizarem o levantamento das classes de solos da sub-bacia hidrográfica da Bacia do Alto Rio Grande, em Minas Gerais, verificaram o predomínio de LATOSSOLOS (47% da área) principalmente em relevo ondulado, sendo que os LATOSSOLOS VERMELHO - AMARELOS apresentam maior expressão geográfica (34,4% da área) e os CAMBISSOLOS HÁPLICOS têm relevante expressão na área (35,1%) e, juntamente com os NEOSSOLOS LITÓLICOS (2,3% da área), ocorrem nas porções mais movimentadas do terreno. Curi et al. (1994), estudando a mesma região e Araújo (2007), na Bacia do Alto Rio Grande, observaram CAMBISSOLOS e LATOSSOLOS em posições distintas na paisagem, em que os primeiros ocupam as partes mais movimentadas, ora no terço superior, ora no terço inferior e os LATOSSOLOS ocupam as partes mais suavizadas. Os LATOSSOLOS encontrados na área da Bacia do Rio Grande – MG são profundos, bem drenados, com textura variando de média à argilosa ou muito argilosa, solos pobres em nutrientes e ricos em alumínio tóxico e apresentam-se sob relevo suave ondulado ou plano, com ausência de pedregosidade e com boa a forte drenagem interna.

Segundo Garcia et al., (2020) os LATOSSOLOS VERMELHOS-AMARELOS são desenvolvidos de arenitos, localizando-se em posições com relevo suavizado (declividades de 0 a 20%) e originalmente, vegetado por florestas com caráter semidecíduo ou por cerrados, são solos com elevada permeabilidade, baixa retenção de água e baixa coesão, o que os torna sensíveis à degradação sob manejo agrícola. Podem ter maior estresse hídrico nos períodos de estiagem e maior susceptibilidade à erosão nos períodos chuvosos (IAC, 2015). Essa mesma definição pode ser aplicada aos LATOSSOLOS VERMELHOS de textura média (IAC, 2015). Os LATOSSOLOS, é a classe de solo mais representativa do Brasil, pois estão amplamente distribuídos, ocorrendo praticamente em todas as regiões do país, em diferentes condições climáticas, formas de relevo e materiais de origem (GASPARI et al., 2020). Os LATOSSOLOS são quimicamente muito evoluídos e apresentam padrão de coloração mais ou menos homogênea, com matizes avermelhados e / ou amarelados, sendo caracterizados pela presença de horizonte B latossólico (KONDO, 2008).

Os LATOSSOLOS geralmente são profundos, bem drenados e com baixa capacidade de troca catiônica, com textura média ou mais fina (argilosa, muito argilosa) e, com mais frequência, são pouco férteis (IAC, 2021). São os mais desenvolvidos da crosta terrestre, ocupando, portanto, os locais da paisagem há muito tempo expostos aos fatores do clima, em que o tempo de exposição das partículas, atuam desde a desagregação da rocha-mãe, que será intensamente transformada pelo processo de intemperização (LEPSCH, 2016). A principal limitação destes solos é a baixa fertilidade natural, necessitando da correção da acidez e da adubação para obtenção de boas colheitas (EMBRAPA, 2021a). Quando ocorrem em relevo acidentado apresentam forte restrição, não sendo recomendados para uso com agropecuária devido ao risco de degradação pela erosão hídrica e geralmente são solos de fácil manejo e mecanização nas áreas com relevo plano e suave ondulado, principalmente quando não são coesos (EMBRAPA, 2021a). Nota-se que os LATOSSOLOS, estão situados nos locais de relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%, o que facilita a mecanização, podendo ser utilizados para culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento.

Os ARGISSOLOS também ocupam grandes porções da área de estudo, cerca de 19,41%, e devido as suas características físico-químicas são considerados importantes para a produção agrícola de diversas culturas. É uma das principais classes de solos no Brasil, segunda em área territorial e são caracterizados pela presença de horizonte B textural, apresentando acúmulo de argila em profundidade devido à mobilização e perda de argila da parte mais superficial do solo (SILVA et al., 2021). Apresentam frequentemente, baixa atividade da argila (capacidade de troca de cátions (CTC)), podendo ser alíticos (altos teores de alumínio), distróficos (baixa saturação de bases) ou Eutróficos (alta saturação de bases), sendo normalmente ácidos (EMBRAPA, 2021c).

Os ARGISSOLOS tendem a ser mais suscetíveis aos processos erosivos devido à relação textural presente nestes solos, que implica em diferenças de infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais, no entanto, os de texturas mais leves ou textura média e de menor relação textural são mais porosos, possuindo boa permeabilidade, sendo, portanto, menos suscetíveis à erosão (EMBRAPA, 2021c). São muito suscetíveis a erosão quando o gradiente textural é acentuado (textura arenosa/média), principalmente quando há presença de cascalhos e relevo com fortes declives (caso onde indica-se apenas para uso em pastagem, reflorestamento ou área de preservação) já que sua fertilidade química é predominantemente baixa (LABORSOLO, 2021).

Apesar da elevada capacidade de água disponível, os ARGISSOLOS podem apresentar limitações ligeiras sob o aspecto físico relacionadas à pouca profundidade e presença de cascalhos ou calhaus em superfície, especialmente naqueles de relevo mais íngreme e por serem mais argilosos e, quando de perfil menos desenvolvido (pouco profundos), com maior reserva de minerais, os ARGISSOLOS de textura argilosa possuem características mais favoráveis à exploração agrícola que aqueles de textura média (IAC, 2021a).

Logo, observa-se que 75,97 % são compostas por LATOSSOLOS e ARGISSOLOS, que são que apresentam características físicas que favorecem a mecanização agrícola, que geralmente são profundos, com ausência de pedregosidade e concreções, porosos, bem drenados e textura variando de média a muita argilosa. Entretanto, na maioria dos casos a principal limitação desses solos é a deficiência de fertilidade que está na dependência principalmente da disponibilidade de macro e micronutrientes, incluindo também a presença ou ausência de certas substâncias tóxicas, solúveis, como alumínio e manganês, que diminuem a disponibilidade de alguns minerais importantes para as plantas, bem como a presença ou ausência de sais solúveis, especialmente sódio (UFRGS, 2021).

Os LATOSSOLOS e ARGISSOLOS, na maioria dos casos, por apresentarem baixa fertilidade natural e acidez elevada, para sua exploração é necessário a aplicação de fertilizantes e corretivos a fim de melhorar as características químicas do solo, visando aumento da produtividade das culturas. Entretanto, verifica-se a presença de extensas áreas constituídas por solos que apresentam baixo potencial para o cultivo, como é o caso da maioria dos CAMBISSOLOS, NEOSSOLOS LITÓLICOS, NEOSSOLOS QUARTIZARÊNICOS e AFLORAMENTOS ROCHOSOS que juntos ocupam cerca de 19,89% da área total da Bacia.

Os CAMBISSOLOS são solos com pequena profundidade, elevado teor de minerais primários (minerais herdados da rocha), presença significativa de fragmentos de rocha na massa do solo, nestas condições, estes solos têm perfis menos profundos e pedregosidade ou cascalhos na superfície ou na massa do solo e o aproveitamento para os diversos fins é condicionado a estes fatores limitantes, o que os torna em muitos casos aptos à utilização agrícola, quando mitigados alguns fatores restritivos, tais como pedregosidade, pequena profundidade e declividade excessiva (IAC, 2021b).

Os NEOSSOLOS LITÓLICOS são típicos das regiões de relevo mais dissecado ou íngreme e com sérios impedimentos para a produção agrícola e florestal, com pequena profundidade e pedregosidade que dificultam a penetração e a exploração de água e nutrientes pelas raízes de plantas, apesar de ser comum sua utilização com pastagens, devido às suas

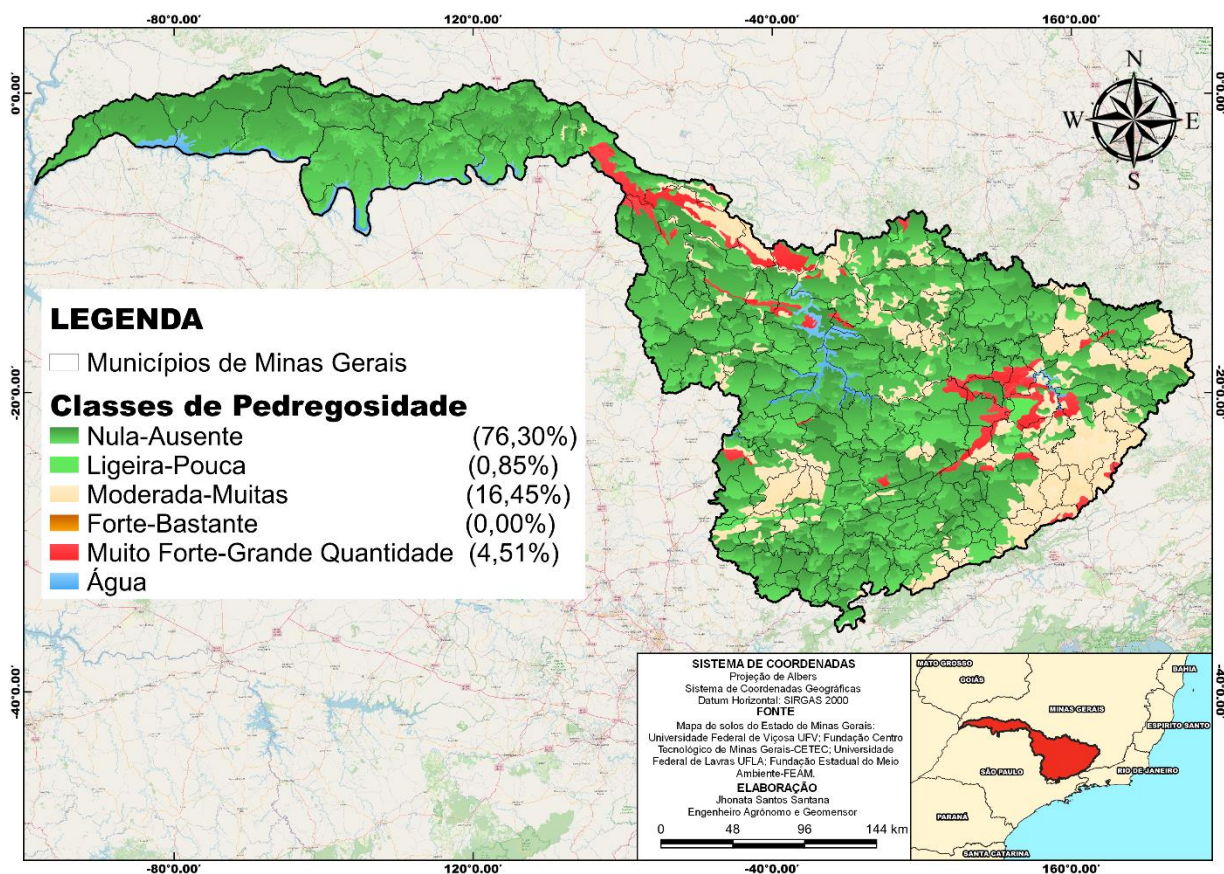
limitações e fragilidade, o aproveitamento mais adequado destes solos se dá com manutenção da vegetação nativa e proteção das nascentes nele encontradas (IAC, 2021c).

Já os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS ocorrem em relevos suavizados, porém por apresentarem muito baixa coesão, sua susceptibilidade à erosão é elevada e esta condição, em associação com sua elevada permeabilidade e muito baixa retenção de água e de nutrientes, confere elevada fragilidade a esses solos, que necessitam de práticas conservacionistas específicas para se manterem produtivos (IAC, 2021c).

5.2 Classes de pedregosidade

Observa-se na Figura 9 a distribuição espacial da pedregosidade que é considerado um dos principais fatores limitantes à mecanização agrícola dos solos de acordo com Francisco et al., (2012).

Figura 9- Classes de pedregosidade dos solos da Bacia do Rio Grande-MG.



Fonte: Adaptado de UFV - CETEC - UFLA - FEAM (2010).

A Pedregosidade e rochosidade referem a fragmentos ou afloramentos de rochas, respectivamente, que dificultam a ação dos instrumentos agrícolas (WREGE et al., 2019). Observa-se que a maior parte da área de estudo, cerca de 77,15 % se apresentam com pouca ou sem pedregosidade, pois é constituída por solos como LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, ARGISSOLO VERMELHO e NITOSSOLOS, o que contribui para a ocorrência de extensas áreas com pouca ou nenhuma limitação a mecanização agrícola devido a ausência de pedras na massa do solo. Os resultados obtidos condizem com o estudo realizado por Pádua et al., (2015) que ao amostrarem 53 perfis de solos sob vegetação de floresta e cerrado nativo nas regiões central e sul de Minas Gerais, verificaram que dentre o total de amostras 25 perfis foram classificados como ARGISSOLOS, CAMBISSOLOS (11), NITOSSOLOS (8), LATOSSOLOS (6), NEOSSOLO (1), LUVISSOLO (1) E PLINTOSSOLO (1).

As áreas com pedregosidade moderada a forte, 16,45 % da área Total é devido principalmente a ocorrência de CAMBISSOLOS HÁPLICOS E PLINTOSSOLOS ARGILÚVICOS. Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS são solos pouco desenvolvidos, apresentando Horizonte B incipiente (pouco evoluído com presença de fragmentos de rochas e minerais primários), e têm como principais limitações para uso agrícola, relevo com declives acentuados, a pequena profundidade efetiva e a ocorrência de pedras na massa do solo (EMBRAPA, 2021b). Já os PLINTOSSOLOS ARGILÚVICOS são caracterizados por apresentar o Horizonte A diretamente sobre um horizonte plíntico ou litoplíntico ou concrecionário que podem constituir impedimentos ao uso de máquinas (SIBCS, 2018).

As porções em que foram classificadas como limitações muito forte e grande quantidade de pedras, 4,51 %, é constituída por do tipo NEOSSOLOS LITÓLICOS que são solos rasos, pouco evoluídos, com alta pedregosidade, apresentam horizonte superficial diretamente sobre a rocha sã ou semidecomposta (EMBRAPA, 2018). Esses solos geralmente contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, com pequena profundidade efetiva e pequena capacidade de armazenamento de água, pedregosidade e rochosidade generalizada e alta suscetibilidade à erosão (EMBRAPA, 2014).

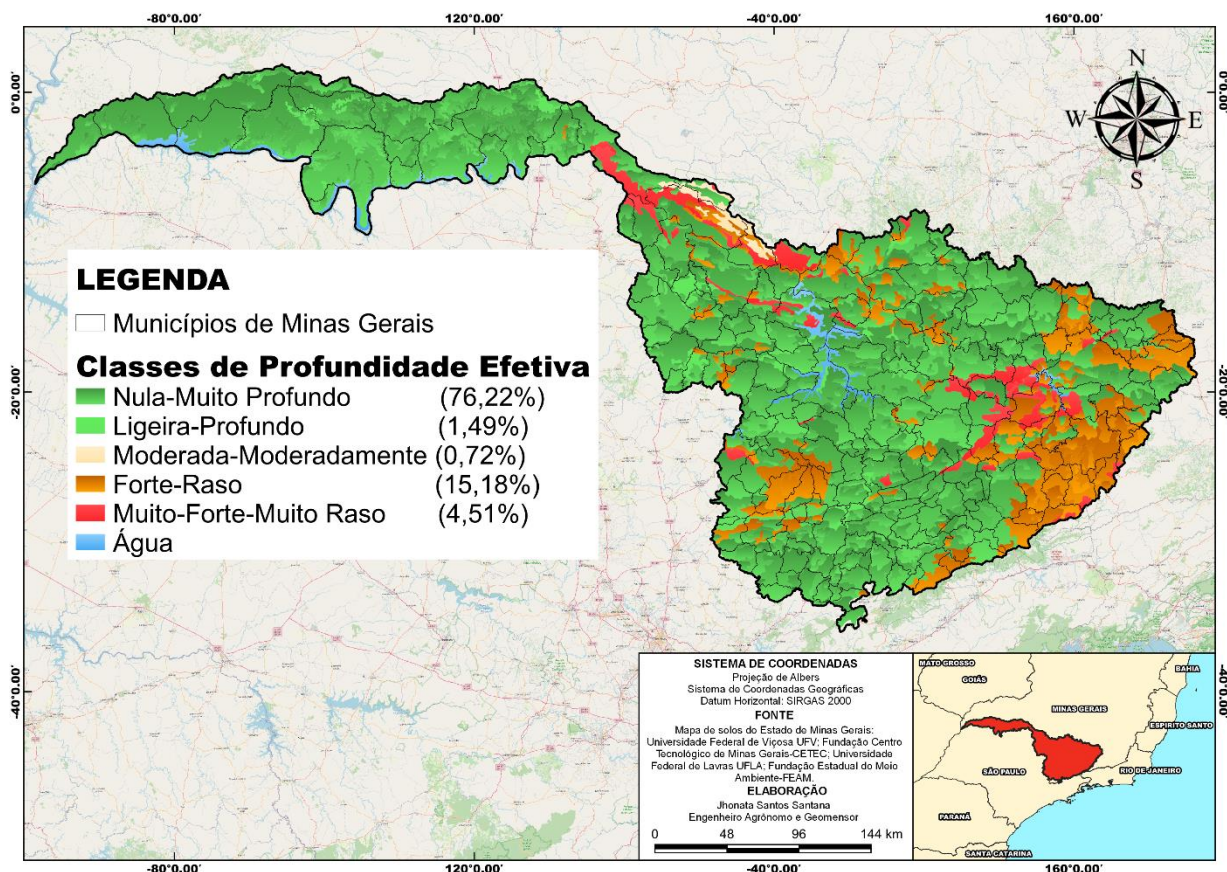
Carvalho Filho et al., (2010) ao caracterizarem os solos do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais verificaram que nessa região há predomínio de solos pouco evoluídos (CAMBISSOLOS e NEOSSOLOS LITÓLICOS), de baixa fertilidade natural, os quais se caracterizam por apresentarem intensa pedregosidade/ rochosidade. Menezes et al., (2009) ao estudarem a aptidão dos solos da Bacia hidrográfica do Alto Rio Grande, em Minas Gerais,

confirmaram que as terras inaptas para a agricultura se situam nas áreas de solos com pequena profundidade, relevo acidentado e muita pedregosidade e rochosidade. A presença de pedregosidade/ rochosidade em algumas unidades de mapeamento são outros fatores naturais de restrição ao uso de um trator/implemento para a operação de mecanização (FRANCISCO et al., 2014). Essa pedregosidade superficial (pedras e concreções na massa do solo) são de fundamental importância pois condicionam o uso ou não de máquinas e implementos agrícolas nas diversas fases de preparo do solo (UFRGS, 2021). De acordo com Pires (2015) a pedregosidade (elementos grosseiros) dos solos é uma característica incontornável na análise de processos pedológicos, geoquímicos e geomorfológicos e pode ser entendida como a presença de partículas minerais com dimensões superiores a 2 mm localizadas na superfície ou nos horizontes superficiais e constituem aspectos caracterizadores dos solos. As áreas ocupadas por NEOSSOLOS LITÓLICOS e CAMBISSOLOS por apresentarem características como pedregosidade e rochosidade, que provocam restrições ao uso de mecanização, e devido a menor profundidade efetiva também são mais suscetíveis a erosão, estresse hídrico e oferecendo maiores restrições ao desenvolvimento radicular das culturas anuais (MACHADO et al., 2017).

5.3 Classes de Profundidade Efetiva

A profundidade efetiva refere-se à profundidade máxima que as raízes penetram livremente no corpo do solo, em razoável número e sem impedimentos (físicos ou químicos), proporcionando às plantas suporte físico e condições para absorção de água e nutriente (LEPSCH et al., 2015). A Figura 10 representa a distribuição espacial da profundidade efetiva que é considerado um dos principais fatores limitantes à mecanização agrícola dos solos de acordo com Machado et al., (2017).

Figura 10- Classes de profundidade efetiva dos solos da Bacia do Rio Grande-MG.



Fonte: Adaptado de UFV - CETEC - UFLA - FEAM (2010).

Portanto, a profundidade efetiva corresponde à camada de espessura máxima do solo, que é favorável ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas e ao armazenamento de umidade (EMBRAPA, 2021h).

A ocorrência de pedras na massa do solo, rocha sã ou semidecomposta diretamente abaixo dos horizontes superficiais implicam na baixa profundidade efetiva e na limitação física no desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas, sendo a melhor indicação de uso e manejo desses solos é o cultivo com pastagem. Entretanto observa-se através da análise da Figura 10, que a maior parte da área de estudo, cerca de 77,7 % apresentam ligeira ou não tem limitação, não oferecendo impedimentos relevantes à mecanização o que permite o emprego de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas utilizados no preparo do solo.

Tavares et al., (2017) ao realizarem levantamentos de solos na região da Sub-bacia Hidrográfica do Córrego da Laje, no sul de Minas Gerais, verificaram que a profundidade efetiva média para todas as unidades de mapeamento foi em torno de 1.000 mm, o que já era de se esperar pois os solos encontrados na área de estudo foram classificados em LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO em relevo plano a suave ondulado. Já Ribeiro et al., (2016) ao

estudarem a sub-bacia hidrográfica do rio Mandu, sul de Minas Gerais, confirmaram que na maioria dos locais utilizados para agricultura está em áreas de relevo predominantemente ondulado e sobre LATOSSOLOS ou ARGISSOLOS. condição já esperada, pois, do ponto de vista morfológico, esses solos por apresentarem elevada profundidade efetiva também não oferecem impedimento ao desenvolvimento do sistema radicular das principais culturas anuais ou perenes (SALVIANO et al., 2017).

76,22% da área caracterizadas pela ausência de restrição à mecanização por profundidade efetiva é devida principalmente a ocorrência de extensas áreas com LATOSSOLOS e ARGISSOLOS, complementadas por outras classes de solos como NITOSSOLOS e NEOSSOLOS QUARTIZARÊNICOS que também apresentam características favoráveis quanto a profundidade efetiva. Solos com essas características, de maneira geral, possuem condições físicas que favorecem a mecanização e podem ser utilizados com as mais diversas culturas, principalmente, quando apresentam relevo plano (SALVIANO et al., 2017).

As regiões com grau muito forte e forte de impedimento à mecanização, devido à profundidade efetiva, ocupam uma área de 19,69 % de da bacia, sendo constituídas especialmente por CAMBISSOLO HÁPLICO, NEOSSOLO LITÓLICO, AFLORAMENTOS ROCHOSOS e PLINTOSSOLO ARGILÚVICO que devido a pequena profundidade inviabilizam a exploração com culturas anuais mecanizadas. No estudo de levantamento das classes de solos da sub-bacia hidrográfica da Bacia do Alto Rio Grande, em Minas Gerais, Menezes et al., (2009) verificaram que 2,5% da área total é constituída de Neossolos Litólicos e segundo os mesmos autores as áreas ocupadas por esses solos foram consideradas inaptas para a agricultura, em razão da escassez de água (pequena profundidade efetiva), ao relevo forte ondulado e à maior exposição aos efeitos da enxurrada (menor capacidade de infiltração de água), além de pedregosidade e rochosidade que dificultam o uso de implementos agrícolas. De acordo com Oliveira (2008) solos que apresentam profundidade efetiva com 50 cm, se torna um fator limitante na operação de máquinas, especialmente para culturas de sistemas radiculares pivotante e profundo.

Observa-se na análise da Figura 8 (classes de solos) que próximo das regiões onde existem CAMBISSOLOS HÁPLICOS, sempre existem NEOSSOLOS LITÓLICOS, uma vez que essas duas Classes de solos apresentam estreita relação entre si. Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS apresentam Horizonte B incipiente diretamente sobre a rocha sã ou semidecomposta, caso a rocha sã ocorresse diretamente abaixo do horizonte A, então este seria

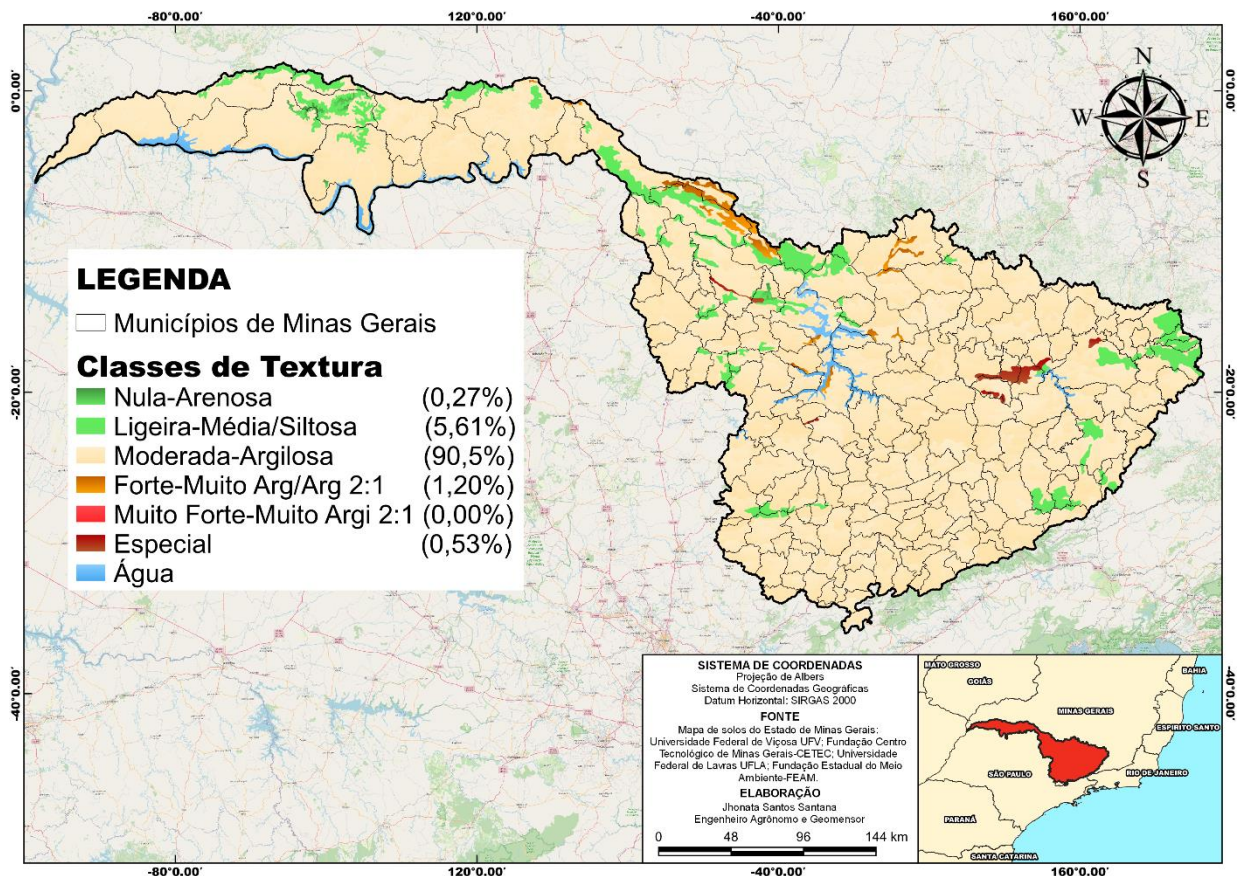
classificado como NEOSSOLO LITÓLICO, logo a diferença de um CAMBISSOLO HÁPLICO e os NEOSSOLOS LITÓLICOS é a presença do Horizonte B incipiente, portanto CAMBISSOLO HÁPLICO é um solo que deixou de ser NEOSSOLO LITÓLICO que devido aos processos de intemperização permitiram o desenvolvimento de uma espessura de Horizonte B incipiente.

Segundo Rossi et al., (2014), principalmente os CAMBISSOLOS E NEOSSOLOS LITÓLICOS se apresentam como solos rasos a pouco profundos, e tem como característica limitar o crescimento radicular da vegetação e pela presença de pedregosidade e rochiosidade. A ocorrência de solos rasos, frequentes afloramentos rochosos, elevada pedregosidade, escoamento superficial com ravinamentos, baixa capacidade de retenção de água dos solos e substrato rochoso impermeável é uma das causas de desertificação do semi-árido brasileiro (CGEE, 2016). E a presença de fragmentos de rochas e a pequena profundidade, conforme Souza e Paula (2019) limitam o uso dos solos para o desenvolvimento da agricultura ou de qualquer outra atividade que tenha na qualidade do solo sua principal fonte de potencialidade, sendo os LATOSSOLOS, ARGISSOLOS e os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS os mais favoráveis nesse sentido.

5.4 Classes de textura

Nota-se na Figura 11 as classes de textura dos solos da Bacia do Rio Grande-MG. De acordo com Poltorak et al., (2018) características físicas, como a textura dos diferentes tipos de solos, podem influenciar as operações mecanizadas em áreas agrícolas.

Figura 11- Classes de textura dos solos da Bacia do Rio Grande-MG.



Fonte: Adaptado de UFV - CETEC - UFLA - FEAM (2010).

A textura, é um dos principais indicadores de qualidade e produtividade dos solos, uma vez que influencia na dinâmica da adesão e coesão entre as partículas de solo bem como o manejo dos solos, que, por conseguinte influencia a resistência do solo à tração bem como a dinâmica da água no solo (CENTENO et al., 2017). A textura de um solo depende da rocha de origem e do grau de intemperização (idade) do solo, e influencia diretamente na facilidade de mecanização e a fertilidade do solo.

Não foram identificados solos com grau muito forte de impedimento à mecanização devido à textura, pois através da análise da Figura 11, nota-se que a maior parte dos solos da área de estudo, cerca de 96,11 % têm limitação variando de ligeira a moderada, onde se

enquadram solos com classes de textura média (16 a 35% de argila) e textura argilosa (36 a 60% de argila). Isso se deve a ocorrência de extensas áreas com LATOSSOLO VERMELHO, LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, CAMBISSOLO HÁPLICO e NITOSSOLOS, que embora apresentem uma variada composição química e mineralógica se enquadram em textura variando de média à argilosa. A textura média à argilosa, que são predominantes na área de estudo, podem influenciar na produtividade de preparo do solo, com o aumento da profundidade de trabalho, o que pode reduzir os valores de produtividade em serviços de subsolagem, quando comparados aos solos arenosos.

Ao comparar as profundidades de subsolagem entre os tipos de solos, Gonçalves et al., (2015) observaram que houve um aumento significativo da produtividade e eficiência operacional do subsolador entre os solos argiloso (A) e arenoso (B), em que a produtividade da operação de subsolagem no solo arenoso foi 20,3% maior em relação ao argiloso, no tratamento 1, enquanto no tratamento 2, a eficiência de subsolagem no solo arenoso foi 22% superior ao solo argiloso. Mas Lima et al., (2013), verificaram que os valores de resistência à penetração obtidos em solo de textura franco-argilo-arenosa foram maiores do que em solos franco-arenoso e muito argiloso.

O conteúdo elevado de argila de atividade alta torna os solos muito duros quando seco, e plástico e pegajoso quando molhados, condições que limita o trabalho de máquinas (FRANCISCO et. al., 2012). Os solos argilosos apresentam um manejo difícil, por serem solos mais pesados devido à presença de teores de argila superiores a 35%, dificultando a penetração das raízes das plantas e os trabalhos mecanizados, além de serem suscetíveis à compactação (KLEIN, 2014). Esses são mais suscetíveis à compactação pelo tráfego de máquinas do que os mais arenosos, principalmente devido à maior porosidade total e maior capacidade de armazenamento de água nos microporos daqueles (SILVA, 1999). Isso faz com que solo argiloso retenha mais umidade e por um período maior, necessitando maiores cuidados com a umidade do solo nas práticas de preparo do solo e tráfego de máquinas para reduzir os riscos de compactação (SILVA et al., 2000).

Segundo Soares et al., (2005) o tráfego de máquinas pesadas e do uso intenso de implementos agrícolas modificam o tamanho dos agregados e reduzem sua macroporosidade, promovendo um aumento na proporção de poros pequenos (microporos) em relação aos grandes (macroporos), além modificar suas formas e conectividade (morfo porosidade). Assim, o preparo do solo e o tráfego de máquinas em condição de alta umidade e em consistência de

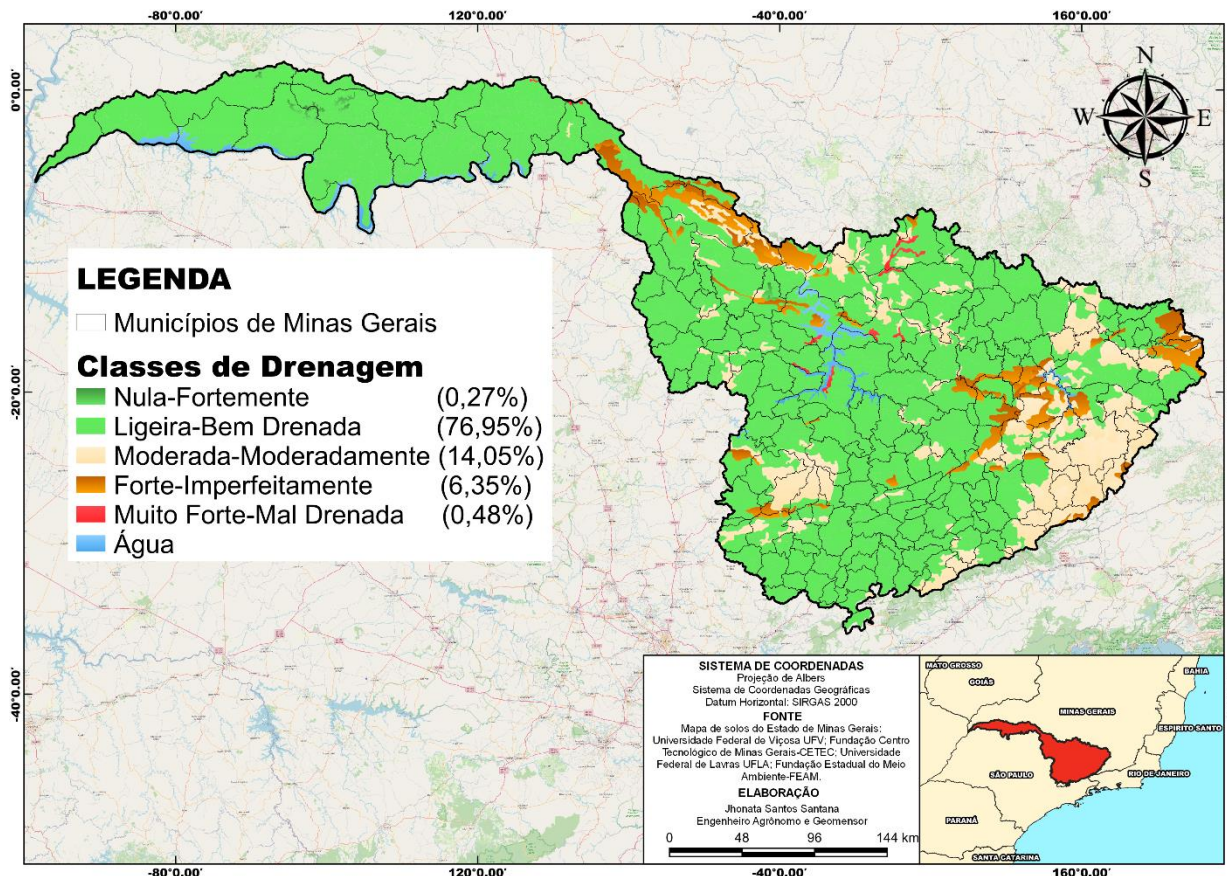
plasticidade e pegajosidade, pode resultar em danos físicos à sua estrutura e a aderência de partículas sólidas com maior força nos rodados das máquinas e implementos agrícolas, especialmente em solos com maior teor de argila, até mesmo inviabilizando a operação mecanizada, necessitando de uma maior potência do trator e maior consumo de combustível.

Diante disso, a textura é considerada um importante indicador de manejo do solo, uma vez que a partir da sua compreensão em associação com outros fatores como o teor de umidade do solo e análise das condições, algumas práticas agrícolas podem ou não ser apropriadas, obedecendo às diferentes faixas de trabalhabilidade e capacidade de suporte a fim de reduzir os problemas de compactação e degradação física dos solos.

5.5 Classes de drenagem do solo

Verifica-se na Figura 12 as classes e as capacidades de drenagem dos solos da Bacia do Rio Grande-MG. A drenagem é um processo de remoção do excesso de água dos solos de modo que lhes dê condições de aeração, estruturação e resistência adequadas para uso agrícola (SILVA et al., 2016).

Figura 12- Classes de drenagem dos solos da Bacia do Rio Grande-MG.



Fonte: Adaptado de UFV - CETEC - UFLA - FEAM (2010).

Constata-se através da análise da Figura 12, que a maior parte da área de estudo, cerca de 76,95 % tem limitação de impedimento à mecanização por má drenagem ligeira (bem drenada), devido a ocorrência de extensas áreas de LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, ARGISSOLO VERMELHO e ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, NITOSSOLOS VERMELHOS e NITOSSOLOS HÁPLICOS, normalmente todos de textura argilosa a média, porém sempre muito porosos e bem permeáveis.

Os solos de textura leve apresentavam pouca relevância para a agricultura, mesmo quando presentes em áreas favoráveis à mecanização, face a suas limitações de manejo, como:

deficiência em fertilidade, alta susceptibilidade à erosão e à contaminação das águas subterrâneas, e deficiência hídrica quando em sequeiro (DONAGEMMA et al., 2016). Mas a drenagem excessiva é indesejável, porque ela reduz a quantidade de água disponível no solo para o cultivo e aumenta a lixiviação de nutrientes fertilizantes que contaminam as águas subterrâneas e os cursos, aumentando o investimento por unidade de área (SKAGGS, 1981). Além disso, esses solos também são mais suscetíveis à degradação e à perda da capacidade produtiva, quando comparados aos de textura mais fina (argilosa), em condições ambientais semelhantes.

De acordo com Klein & Klein, (2015), a textura é a propriedade que tem maior influência na retenção de água, não sendo modificada com o tempo, exceto se considerar milênios de anos e a ação do intemperismo. Da área total avaliada cerca de 14,05 % apresentam limitação por drenagem moderada, constituída especialmente em sua maioria por CAMBISSOLOS HÁPLICOS. Nessa classificação de drenagem se enquadram aqueles solos que normalmente possuem uma camada de permeabilidade lenta no perfil do solo ou imediatamente abaixo dele, onde a água é removida meio lentamente, de maneira que o perfil permanece úmido por uma reduzida, porém significativa, parte do tempo. E 0,48 % da área em estudo foram identificados como solos que apresentam grau muito forte de impedimento à mecanização devido à drenagem, sendo constituídos em sua totalidade por Gleissolos Melânicos. Os solos com drenagem desta classe frequentemente ocupam regiões planas ou depressões, onde há, constantemente, estagnação de água. Wadt et al., (2015) ao estudarem a aptidão agrícola dos GLEISSOLOS na região do município de Sena Madureira, estado do Acre, observaram grau de limitação Forte para impedimentos à mecanização em decorrência da restrição à drenagem a partir dos 0,2 m de profundidade. Segundo Ramos et al., (2006) essas áreas onde o solo apresenta altos níveis de umidade dificulta o trabalho mecanizado, inviabilizando sua utilização.

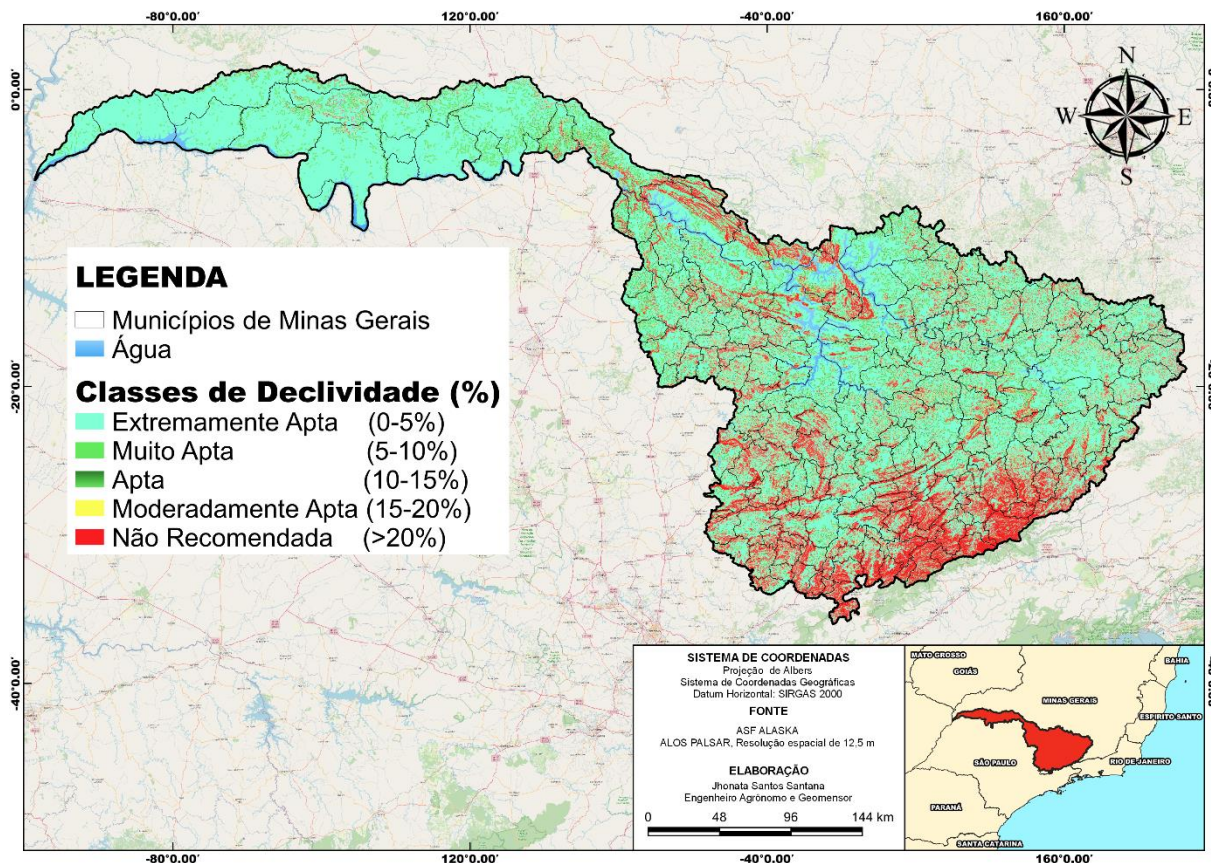
As áreas de ausência de impedimento à mecanização por má drenagem (limitação nula – fortemente drenada), por consequência, também apresentam limitação por baixa capacidade de armazenamento de água e difícil aproveitamento para o cultivo agrícola, pois apresentam macroporos rapidamente drenáveis, como é o caso NEOSSOLOS QUARTIZARÊNICOS (FILIZOLA et al., 2019). A boa drenagem possibilita aumentar o número anual de dias favoráveis à mecanização das operações agrícolas, além de proporcionar ambiente adequado para desenvolvimento radicular das plantas (PEDROTTI et al., 2015).

A drenagem dos solos é de extrema importância, pois um solo que acumula água também está suscetível a compactação pelo tráfego de máquinas, devido à compressão do solo insaturado, sendo esta a principal causa da degradação física dos solos agrícolas, e aumenta com a intensidade de tráfego em condições inadequadas de umidade do solo (STEFANOSKI et al., 2013, FLOWERS & LAL, 1998). Logo, o conhecimento sobre as características de drenagem do solo e níveis de água também é um indicador de manejo que contribui para o planejamento racional das variadas operações agrícolas, uma vez que o preparo do solo e o tráfego de máquinas em condição de o solo saturado, acarreta sua desestruturação e exige a utilização de máquinas que representam um alto custo para o agricultor. De acordo com Rodrigues et al., (2017), o solo quando não é utilizado em conformidade com sua aptidão, ocorrem impactos negativos na agricultura e nos recursos hídricos, como: perda da produtividade, assoreamento e contaminação dos cursos d'água e diminuição da recarga hídrica na bacia.

5.6 Classes de declividade

A declividade do solo é uma das principais características geomorfológicas limitantes à utilização de máquinas agrícolas, uma vez que está intimamente ligada às condições de tráfego, pois afeta a velocidade de deslocamento e a estabilidade das máquinas (HÖFIG e ARAUJO-JUNIOR, 2015). A partir da ferramenta de raster r.reclass do GRASS (plugin do software QGIS® 3.16), fo gerado o mapa com as seguintes classes de declividade: extremamente Apta (0-5%), muito apta (5-10%), apta (10-15%), moderadamente apta (15-20%) e não recomendada (>20%) (Figura 13).

Figura 13- Classes de declividade em relação à mecanização.



Fonte: Próprio Autor, (2021).

As classes de declividade em relação à mecanização da Bacia do Rio Grande-MG apresentaram os seguintes percentuais: 57,93% são áreas consideradas extremamente apta; 10,95% classificadas como Muita Aptas; 9,80% como aptas; 7,09% como moderadamente aptas e 14,21% não recomendada, Tabela 4.

Tabela 4- Classes de Declividade em relação à mecanização.

Classe de Declividade	Grau de Impedimento	Área (km ²)	%
Extremamente apta (0-5%)	Nula	49.842,25	57,93
Muito apta (5-10%)	Ligeira	9.421,24	10,95
Apta (10-15%)	Moderada	8.431,78	9,80
Moderadamente Apta (15-20%)	Forte	6.100,15	7,09
Não Recomendada (>20%)	Muito Forte	12.226,11	14,21

Fonte: Próprio Autor, (2021).

Pode-se afirmar que 68,88 % das terras se enquadram em relevo plano à ondulado, com declividades inferiores a 10%, enquadrando-se como extremamente apta e ou muito apta à

mecanização, cobrem a maior parte das áreas dos municípios de Prata, Comendador Gomes, Campo Florido, Frutal, Uberaba, Sacramento, Conquista, Veríssimo, Conceição das Alagoas, Planura, Pirajuba, São Francisco de Sales, Itapagipe, Campina Verde, Iturama, Limeira do Oeste, Carneirinho, Fronteira, todos estes localizados na região Oeste (W) da Bacia do Rio Grande-MG. E nota-se através da comparação com a Figura 8 (classes de solos), que os territórios desses municípios também são áreas de ocorrência majoritariamente de LATOSSOLOS VERMELHO E LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO.

Garcia et al., (2020) ao realizarem a caracterização das classes de declividade da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras, observaram que o relevo plano e suavemente ondulado predominou em quase 89% da área, enquadrando-as em áreas aptas à mecanização com pequenas restrições. A declividade é um fator preponderante na questão de mecanização de áreas agrícolas, portanto, há influência da mesma na determinação do uso de máquinas agrícolas para o desenvolvimento das culturas (NASCIMENTO e ABREU, 2012).

Höfig e Araujo-Junior, (2015) ao estudarem as classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do Paraná, verificaram que a mesorregião Noroeste do estado do Paraná é a que apresenta maior potencial à mecanização, com 81 % de suas terras distribuídas nas classes extremamente apta e muito apta à mecanização.

Para trabalhar com segurança em culturas semi-mecanizadas a declividade máxima deverá está em torno de 12%, pois acima deste limite torna-se inviável o processo da mecanização e para as culturas mecanizadas, ou seja, com a adoção de colheitadeiras automotrizes, o limite máximo de declividade cai para 8 a 10% (AGROBYTE, 2021).

As regiões mais declivosas com graus de impedimento à mecanização muito forte (não recomendada, >20% de declividade), representada na Figura 13 pela cor vermelha, estão concentradas principalmente na porção Sudeste (SE) da Bacia do Rio Grande-MG. Alguns municípios que apresentam alto grau de impedimento á mecanização devido ás condições de relevo, independente dos demais atributos do solo são: Conceição dos Ouros, Soledade de Minas, Brasópolis, São José do Alegre, Pedralva, Cristina, Conceição das Pedras, Natércia, Santa Rita do Sapucaí, Borda da Mata, Pouso Alto, São Lourenço, Carmo de Minas, Dom Viçoso, Maria da Fé, Caxambu, Baependi, Aiuruoca, Alagoa, Itamonte, Virgínia, Itanhandu, Passa Quatro, Marmelópolis, Delfim Moreira, Itajubá, Wenceslau Braz, Piranguçu, Gonçalves, Paraisópolis, Cachoeira de Minas, Tocos do Moji, Inconfidentes, Ouro Fino, Estiva, Cambuí, Córrego do Bom Jesus, Sapucaí-Mirim, Camanducaia, consolação. E nota-se através da confrontação com a Figura 8 (classes de solos), que os territórios desses municípios também

são áreas de ocorrência majoritariamente, de ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, CAMBISSOLOS HÁPLICOS e CAMBISSOLOS HÚMICOS.

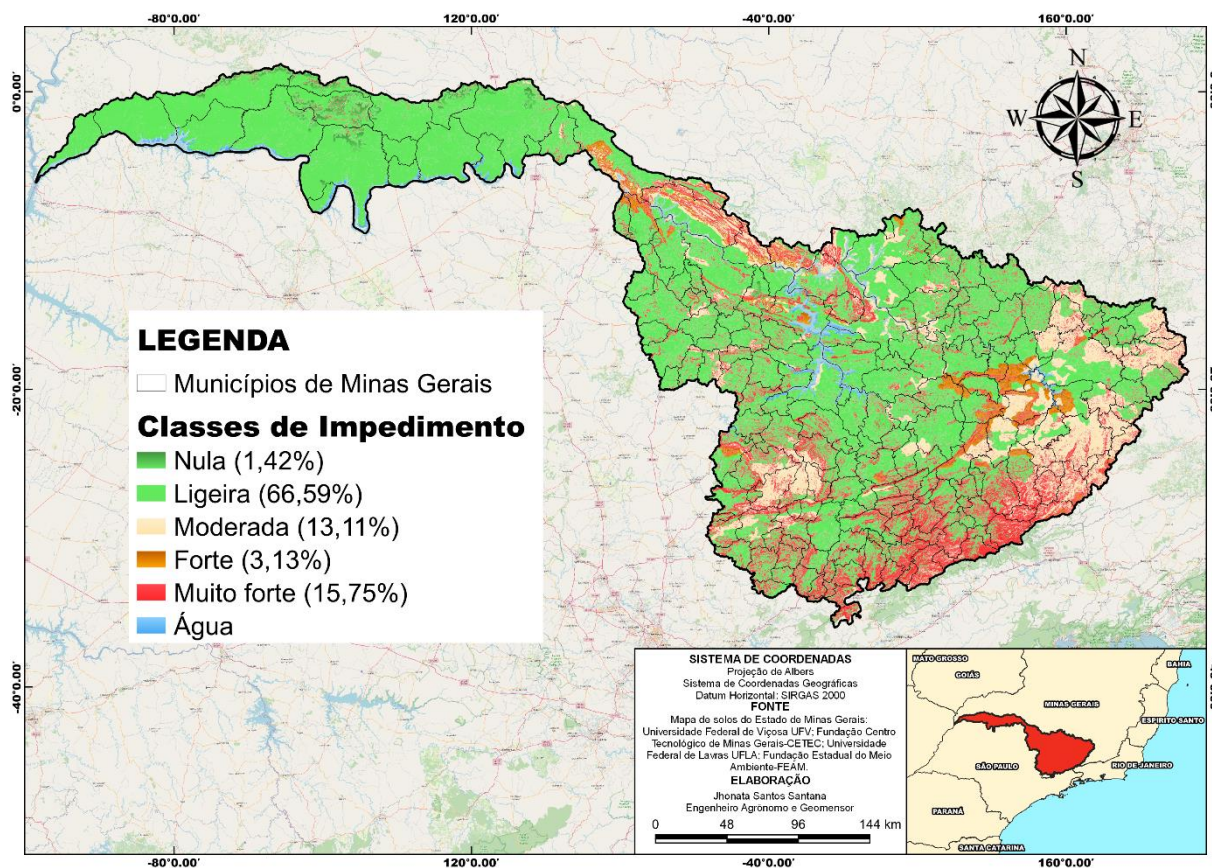
Chaves et al., (2013) ao realizarem as delimitações das possíveis áreas a serem mecanizadas nos municípios de Campos Gerais e Machado, em Minas Gerais, concluíram que 89,91% da área total de Campos Gerais possui relevo mais plano, enquadram-se como áreas aptas à mecanização, já em Machado 66,14% do território localiza-se a uma declividade dentro do limiar de aptidão de 20% de declividade para as operações mecanizadas do café e foi constatado que em Machado há um percentual maior de áreas declivosas, o que dificulta a utilização de sistemas de mecanização agrícola, principalmente na cafeicultura.

Pereira et al., (2012) também verificaram a declividade do terreno, sendo um limitador para a qualidade da operação de preparo mecanizado do solo, demonstrando que declividades até 40% permitem atingir a profundidade mínima de 0,50 m para a subsolagem. Assim, a declividade é uma das principais características geomorfológicas limitantes à utilização de máquinas agrícolas uma vez que está intimamente ligada às condições de tráfego, pois afeta a velocidade de deslocamento e a estabilidade das máquinas, e é considerada como uma restrição natural à produtividade do solo (MUELLER et al., 2010).

5.7 Classes de impedimento à mecanização

Os mapas com as informações quantitativas dos fatores limitantes: pedregosidade, profundidade efetiva, textura, drenagem e declividade, foram combinados por tabulação cruzada (com pesos iguais) para resultar no mapa geral de classes de impedimento à mecanização (Figura 14).

Figura 14- Classes de impedimento à mecanização dos solos



Fonte: Próprio Autor, (2021).

O mapa de limitação à mecanização agrícola dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Grande-MG apresentou os seguintes percentuais: 1,42% da área não existe qualquer impedimento à mecanização; 66,59% com impedimento ligeiro; 13,11% com impedimento moderado; 3,13% com impedimento forte e 15,75% da área com impedimento muito forte à mecanização. Pode-se observar que o grau de limitação ligeira a mecanização é predominante na área da Bacia do Rio Grande-MG, os atributos diagnósticos mais prováveis de serem seus fatores limitantes a mecanização são a textura, que apresenta limitação moderada (*classe 3*) em 90,5% da área da bacia, seguida da drenagem com limitação ligeira-bem drenada (*classe 2*) com

76,95% e da profundidade efetiva nula – muito profundo (*classe 1*) em 76,22% da área, e por meio da média por tabulação cruzada de cada uma dessas classes, 2 foi o número inteiro mais próximo, logo a maior parte da área da Bacia do Rio Grande-MG, conforme a metodologia aplicada, se enquadra em classe 2 ou com impedimento ligeiro à mecanização.

Já para o grau muito forte de impedimento à mecanização a declividade é o principal fator predominante e influenciador da classe. Este ocorre com grau de impedimento muito forte e não recomendada (>20%) em 14,21% das terras da bacia, seguido da pedregosidade e profundidade efetiva, ambas com 4,51%. No geral, integrando-se grau de impedimento e área de abrangência dos fatores de impedimento, a declividade é o fator de impedimento de maior preponderância à mecanização na área da Bacia do Rio Grande-MG, apresentando o maior índice de limitação entre todos os fatores analisados.

Francisco et al., (2012) ao realizarem o estudo de mapeamento das terras para mecanização agrícola do Estado da Paraíba, observaram que 82,85% das terras pertencem as classes IV, V e VI de aptidão à mecanização, que apresentam respectivamente, graus de limitação forte, muito forte e extremamente forte, e localizam-se predominantemente, nas regiões interiores de clima semiárido, sendo a profundidade efetiva o fator de impedimento de maior influência entre todos os fatores estudados. Já Silva et al., (2020) ao caracterizarem o potencial de mecanização do município de Vitória de Santo Antão-PE, observaram que cerca de 46% apresenta grau de impedimento considerado moderado, no qual os fatores limitantes estão principalmente relacionados ao relevo, à drenagem e à profundidade efetiva, e as áreas com muito alto e alto potencial de mecanização, representam 33,7% da área total.

Oliveira et al., (2020) ao classificarem e mapearem as terras favoráveis à utilização de máquinas e implementos agrícolas para a região da Bacia Hidrográfica do Rio Pariquera-Açu, constataram que 24,11% da área do estudo não possui impedimentos à mecanização e 17,5% possui impedimentos restrito ao manejo mecanizado, e mostraram que as técnicas de geoprocessamento foram eficientes na elaboração do mapa de favorabilidade à mecanização, sendo que a classe ligeira foi predominante quanto ao impedimento à mecanização em relação às demais classes: nula, moderada e restrita.

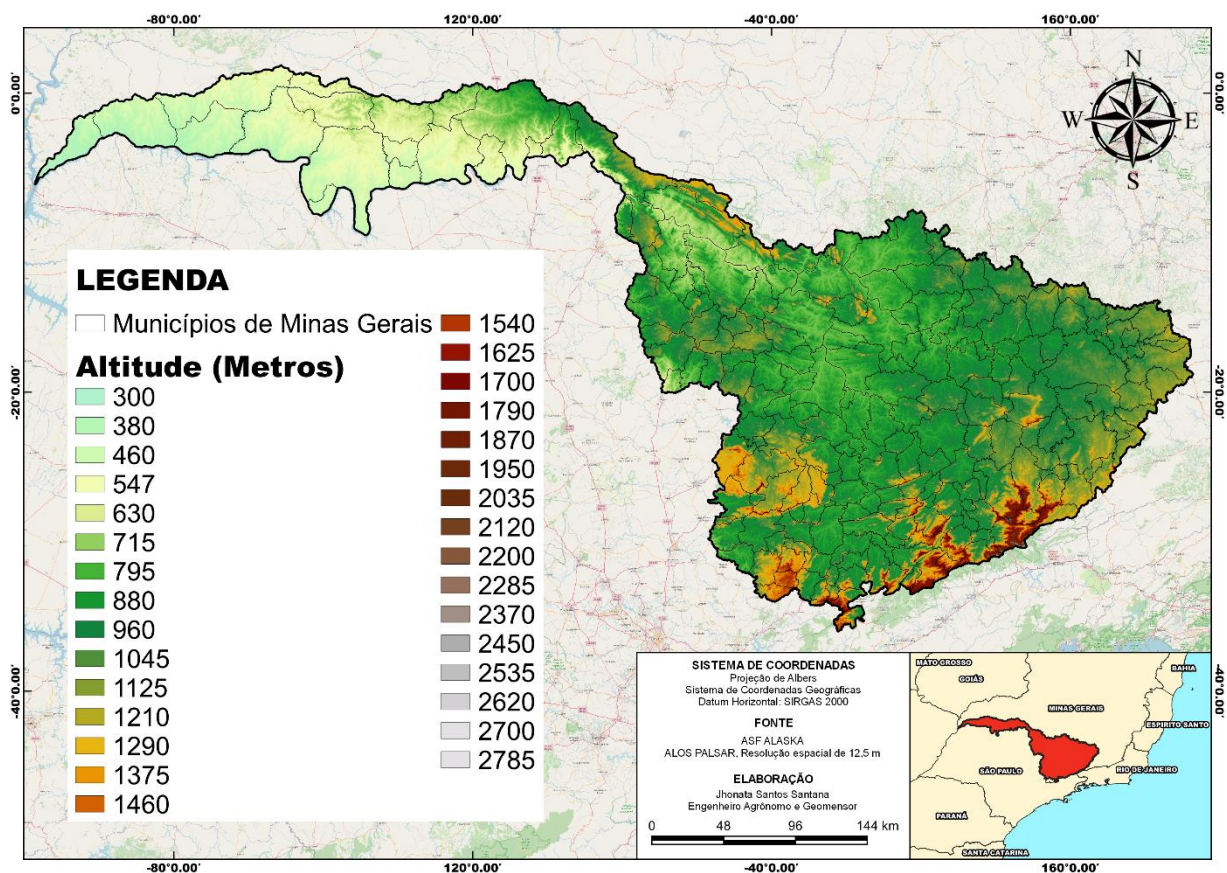
Ao avaliarem a influência do relevo para a mecanização agrícola na região da Bacia do Ribeirão Santo Inácio em Orizona/GO, Rodrigues e Bayer (2019), constataram que cerca de 67,6% da área apresenta impedimento nulo para mecanização agrícola, 30,1% da área da bacia apresenta relevo suave ondulado o que representa um impedimento ligeiro à mecanização e 1,9% da área possui um relevo ondulado o que representa um impedimento moderado à

mecanização e apenas 0,4% apresenta relevo forte ondulado o que representa forte impedimento a mecanização agrícola.

5.8 Classes de altitude

A Figura 15 representa a variação da altitude média dos municípios da região da Bacia do Rio Grande-MG, com valores variando de 300 a 2.785m.

Figura 15- Classes de altitude da Bacia do Rio Grande-MG.



Fonte: Próprio Autor, (2021).

Nota-se na Figura 15 a variação da altitude dos municípios da região da Bacia do Rio Grande-MG, com valores variando de 300 a 2.785m. Nota-se que os maiores valores mais elevados de altitude se concentram no Leste, Sul com ocorrência de maior parte das áreas apresentando valores de altitudes acima de 880 metros, há ocorrência pontuais de áreas com maiores, com valores variando de 1045 a 1375 m de altitude, nas regiões correspondente aos municípios de Boa Esperança, Carmo do Rio Claro, Ilicinea, Guapé, Pimenta, Capitólio, São

Roque de Minas, Delfinópolis, Claval, Ibiraci, Cassia, São Tomé de Aquino, Fortaleza de Minas, São Sebastião do Paraíso, Itamogi, Monte Santo de Minas, Jacuí, São Pedro da União, Bom Jesus da Penha, Nova Resende, Muzambinho, Cabo Verde, Monte Belo, Areado. E através da comparação com a Figura 13 (classes de declividade), observa-se que as regiões em altitude abaixo de 630 m, apresentam relevo predominantemente plano à ondulado, com declividades inferiores a 10%, apresentando grau de impedimento nulo a moderada à mecanização. Já as áreas situadas em altitude acima de 1.460 m, são altamente declivosas, com graus de impedimento à mecanização muito forte (não recomendado, >20% de declividade).

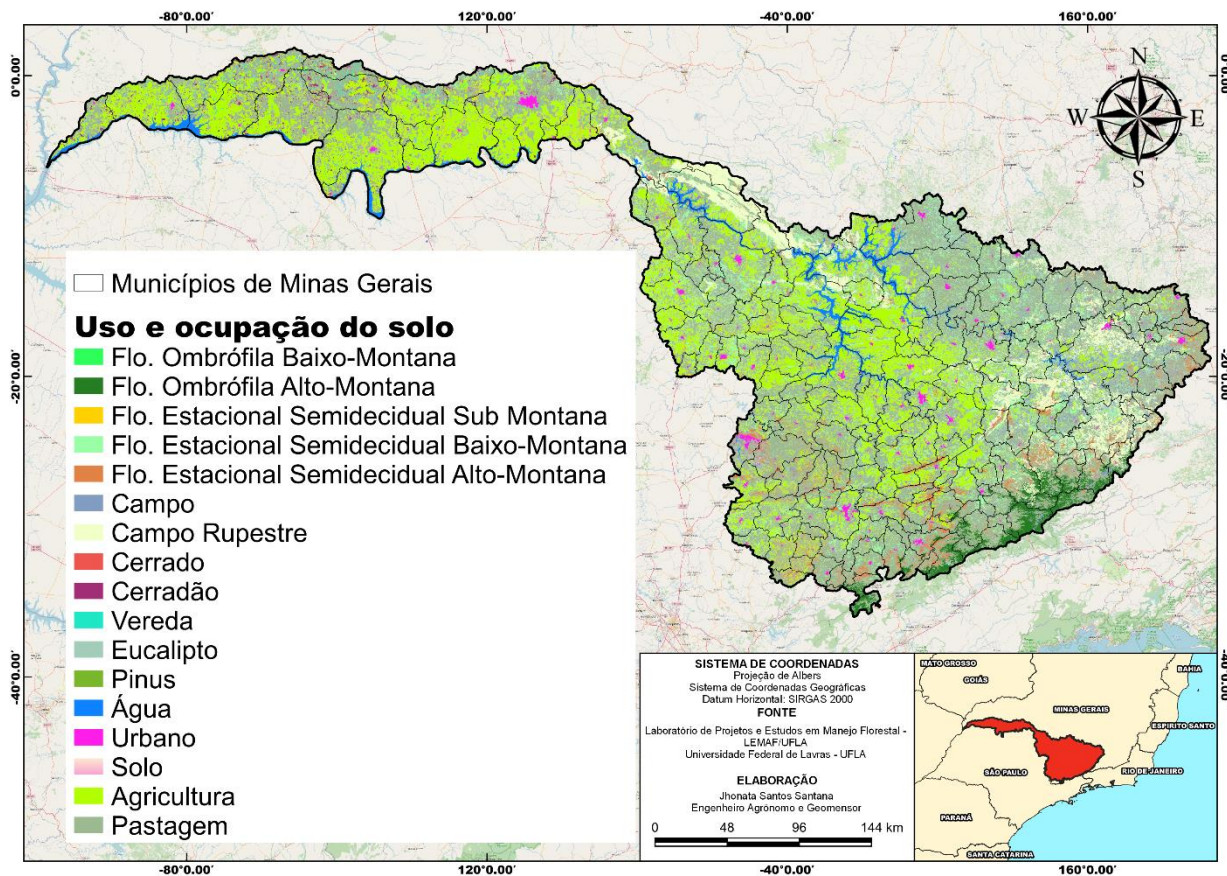
A Bacia Hidrográfica do Rio Grande-MG apresenta altitude propícia para o desenvolvimento de diferentes sistemas agropecuários, com destaque para o cultivo de grãos na região do Triângulo mineiro e Alto Parnaíba e para a exploração do café arábica no Sul e Sudeste de Minas. De acordo com EMBRAPA (2010) a influência da altitude, em áreas de cultivo de grãos se dá pela temperatura, pois numa mesma latitude, a temperatura média decresce com a elevação da altitude e como o ciclo e o crescimento vegetativo são influenciados pela temperatura, quanto maior for a altitude, mais longo será o ciclo e maior a altura das plantas. Neste sentido, Fancelli e Dourado (1999) classificaram regiões com altitudes inferiores a 300 metros como de baixa aptidão para otimizar o rendimento de grãos do milho.

Silva et al., (2001) definiram as áreas de aptidão para cultura do café em Minas Gerais, considerando-se como aptas as regiões com altitudes entre 600 e 1.050 metros e inaptas as áreas com altitudes inferiores a 600 metros. A altitude recomendada para o café arábica, espécie predominante em Minas Gerais, varia entre 600 a 1200 m devido a influência que exerce na produtividade da lavoura e na qualidade da bebida (SENAR, 2017).

5.9 Classes de uso e ocupação do solo

Verifica-se na Figura 16 as classes de uso e ocupação dos solos da Bacia do Rio Grande-MG, obtida através da reclassificação das feições do arquivo shapefile obtido junto ao LEMAF/UFLA.

Figura 16- Classes de Uso e Ocupação do solo da Bacia do Rio Grande-MG.



Fonte: (Adaptado de LABGEO/UFLA, 2021).

As informações das classes de uso do solo contidas na região da Bacia do Rio Grande foram extraídas e quantificadas (Tabela 5).

Tabela 5- Área por classe de cobertura do solo.

Classe de cobertura do solo	Área (km²)	%
Floresta Ombrófila Baixo-Montana	11,8903	0,01
Floresta Ombrófila Alto-Montana	1.910,4883	2,22
Floresta Estacional Semidecidual Sub Montana	490,4450	0,57
Floresta Estacional Semidecidual Baixo-Montana	9.199,0608	10,69
Floresta Estacional Semidecidual Alto-Montana	2.764,3039	3,21
Campo	1.854,3346	2,15
Campo rupestre	4.878,4569	5,67
Cerrado	61,3468	0,07
Cerradão	1.103,3232	1,28
Vereda	532,6102	0,62
Eucalipto	1.685,4018	1,96
Pinus	19,0413	0,02
Água	2.465,3867	2,86
Urbano	791,3492	0,92
Solo exposto	130,9349	0,15
Agricultura	21.891,2113	25,43
Pastagem	36.282,7016	42,15

Fonte: (Adaptado de LABGEO/UFLA, 2021).

A união das classes de vegetação nativa - Floresta Ombrófila Baixo-Montana, Floresta Ombrófila Alto-Montana, Floresta Estacional Semidecidual Sub Montana, Floresta Estacional Semidecidual Baixo-Montana, Floresta Estacional Semidecidual Alto-Montana, Campo, Campo rupestre, Cerrado, Cerradão e Vereda – totalizaram 22.806,26 km², ou 25,60% do total de área da Bacia. A classe de pastagem foi o principal uso antrópico encontrado na área de estudo (42,15%) seguindo das áreas destinadas ao cultivo agrícola (25,43%). E através da comparação com a Figura 8 (classes de solos), observa-se que as áreas de exploração agrícola e cultivo de Eucaliptos e Pinus estão predominantemente sob as regiões de ocorrência de LATOSSOLO VERMELHO, LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO. Resultados semelhantes foram obtidos por realizado por Flauzino et al., (2016), para a região da sub-bacia hidrográfica do ribeirão José Pereira, situada no município de Itajubá/MG, onde verificaram que cerca de 50% da área é coberta por pastagens, e segundo os autores o uso condizente à capacidade produtiva dos solos, mas a ausência de técnicas conservacionistas no manejo das pastagens constitui fator preponderante para a instalação dos processos de degradação. Estudos realizado por Silva et al., (2017) constataram que o uso antrópico também foi predominante no estudo de uso e

ocupação do solo na sub-bacia do Córrego dos Bois em Minas Gerais, onde verificou-se que 76,54% de sua área total é ocupada com atividade agropecuária, sendo que 40,70 e 35,84% da área total é ocupada, respectivamente, por pastagem e café.

Segundo Carvalho Neto (2020), estudos de uso e ocupação do solo contribuem para o melhor planejamento da exploração do uso da terra, torna-se primordial para impedir danos a natureza e a uso das geotecnologias auxilia na tomada de decisão do diagnóstico ambiental permitindo a recuperação e conservação dos recursos naturais. Além disso, quando este é empregado de maneira multitemporal permite avaliar a produtividade e as alterações sazonais dos cultivos agrícolas; mapear a expansão das áreas urbanas; analisar a evolução do uso e cobertura do solo em função da estrutura da paisagem e a dinâmica do desmatamento (YUAN et al., 2005; JENSEN, 2009; PONZONI et al., 2012).

RESULTADOS

- No presente estudo verificou-se que a maior parte dos solos da Bacia do Rio Grande são de LATOSSOLOS VERMELHO E LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO, que juntos ocupam 56,56% da área total da bacia, seguida de ARGISSOLOS, ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (9,88%) e ARGISSOLO VERMELHO (9,53%), a terceira classe de maior frequência são de CAMBISSOLOS, especialmente CAMBISSOLO HÁPLICO que compreende 13,77%.
- A maior parte da área de estudo, 77,15 % classifica-se com pedregosidade nula ou pouca, demonstrando a existência de extensas áreas sem limitação a mecanização agrícola.
- 77,7 % da área classificou-se com limitação nula ou ligeira em relação a profundidade efetiva, não oferecendo impedimentos relevantes à mecanização.
- Não foram identificados solos com grau muito forte de impedimento à mecanização devido à textura, pois a maior parte dos solos da área de estudo, cerca de 96,11 % tem limitação variando de ligeira a moderada, onde se enquadram solos com classes de textura média à argilosa.
- O mapa de limitação à mecanização agrícola dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Grande-MG apresentou os seguintes percentuais: 1,42% da área não existe qualquer impedimento à mecanização; 66,59% com impedimento ligeiro; 13,11% com impedimento moderado; 3,13% com impedimento forte e 15,75% da área com impedimento muito forte à mecanização.
- A declividade é o fator de impedimento de maior preponderância à mecanização na área da área da Bacia do Rio Grande-MG, apresentando o maior índice de limitação entre todos os fatores analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRÃO, S. F., ROSA, S. F. D., REINERT, D. J., REICHERT, J. M., & EBLING, Â. A. Agregação de um cambissolo húmico em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes rotações. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 445-455, 2017.

ACERBI JÚNIOR, F. W.; BUENO I. T; SILVEIRA, E. M. O. Modelo Fitogeográfico como base para Revitalização das Áreas de Preservação Permanente da Bacia do Rio Grande: 1 Mapeamento do uso e cobertura do solo. Laboratório de Projetos e Estudos em Manejo Florestal -LEMAF/UFLA. 2013.

AGROBYTE. Cana-de-açúcar (Saccharum híbridas). Disponível em: < <https://pt.scribd.com/document/515911630/Agrobyte-cana-de-acucar>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

AIRES, U. R. V., REZENDE, C. D. S., SILVA, J. D. A., CAMPOS, J. A., & SANTOS, C. D. Capacidade do uso da terra: um estudo de caso em uma microbacia do Rio Piracicaba, MG. **Nativa**, v. 5, n. 6, p. 402-409, 2017.

ALVES, C. D. **Mudanças da cobertura e uso da terra decorrentes da expansão da cana-de-açúcar utilizando dados TM Modis com análise orientada a objeto**. 161 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011.

AMORIM NETO, M. S.; BELTRÃO, N. E. M.; MEDEIROS, J. C. Indicadores edafoclimáticos para o zoneamento do algodoeiro arbóreo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10, 199, Piracicaba. Agrometeorologia, monitoramento ambiental e agricultura sustentável. Anais... Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.369-371.

ASF ALASKA – Earth Data. Disponível em: < <https://search.asf.alaska.edu/#/>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

ARAÚJO, A.R. Solos da bacia do Alto Rio Grande (MG): base para estudos hidrológicos e aptidão agrícola. 2007. 332p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

ARAÚJO, M. D. S. B., DE ARAÚJO FRUTUOSO, M. N. M., & BRANDÃO, S. S. F. Potencial agroecológico do município de Itacuruba, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 01, p. 172-184, 2016.

ARROUAYS, D; GRUNDY, MG; HARTEMINK, AE; HEMPEL, J; HEUVELINK, GBM; HONG, SY; LAGACHERIE, P; LELYK, G; MCBRATNEY, AB; MCKENZIE, NJ; MENDONÇA SANTOS, ML; MINASNY, B; MONTANARELLA, L; ODEH, IOA; SANCHEZ, PA; THOMPSON, JA; ZHANG, GL. GlobalSoilMap: toward a fine-resolution global grid of soil properties. *Advances in Agronomy* 125:93-134.2014.

ATLAS DAS ÁGUAS UFV. Atualização dos estudos hidrológicos nas bacias hidrográficas dos rios Grande e Piracicaba/Jaguari em Minas Gerais. Disponível em:<http://www.atlasdasaguas.ufv.br/grande/resumo_grande.html>. Acesso em: 20 jan. 2021.

AVELINO, E. N. Expansão da fronteira agrícola sobre o Cerrado: o mapeamento do uso da terra no município de Diamantina-MT. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 89-101, 2018.

ÁVILA, P. A. Análise multicriterial como ferramenta para a AAE da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, vertente mineira. 88 p. Dissertação (mestrado acadêmico). Universidade Federal de Lavras, 2016.

BARROS, A. C. **Análise multicritério aplicada ao zoneamento agrícola do município de Itaberá-SP**. 2017. 89 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

BARBOSA, A. P., CAMPOS, S., EINGENEER, F. G., FAITA, J. R., MANZANO, L. M., & CARREGA, E. F. B. Utilização de Imagens CBERS 2 na análise do uso da terra como subsídio ao desenvolvimento sustentável. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 763-768.

BARBOSA, R. B. G., RIBEIRO, G. N., FRANCISCO, P. R. M., DE ARRUDA, D. A., ALMEIDA, R. S., & LEITE, N. M. G. Geotecnologias aplicadas ao estudo da cobertura vegetal em bacia hidrográfica: uso do software “R”. **Revista Geama**, v. 7, n. 1, p. 34-43, 2021.

BENTO, N. L., SANTOS, T. F. D., LIMA, A. L., SILVA, P. D. S., & AMORIM, J. D. S. AVALIAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIBEIRÃO-MG. **Semana de Agronomia da UESB (SEAGRUS)-ISSN 2526-8406**, v. 1, n. 1, 2017.

BOIN, M. N.; MARTINS, P. C. S. Planejamento e análises ambientais. **CEP**, v. 17, p. 310. 2017.

BARDALES, N. G., DE MIRANDA, E. M., DO AMARAL, E. F., DE OLIVEIRA, C. H. A., & DA SILVA, K. W. F. Mapeamento e classificação de solos na microbacia do Igarapé Paciência, Assis Brasil e Brasília, Estado do Acre. In: **Embrapa Acre-Artigo em anais de**

congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. Anais... Natal: SBCS, 2015.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed, Porto Alegre: Bookman, 2013. 686 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Cana-de-açúcar. Disponível em:. Acesso em: 08 set. 2015.

BROCH, D. T. Propriedades físico-hídricas de latossolos sob plantio direto e sua relação com a trabalhabilidade. 2019. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2019.

CABRAL, L. J. R. S., VALLADARES, G. S., PEREIRA, M. G., PINHEIRO JÚNIOR, C. R., LIMA, A. M., FROTA, J. C. O., & AMORIM, J. V. A. Classificação dos solos da Planície do Delta do Parnaíba, PI. *Rev Bras Geog Fis*, v. 12, p. 1466-83, 2019.

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Sistema brasileiro de classificação de solos. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.12,n.1, p.11-33, jan./abr. 1987.

CAMPOS, S.; PISSARRA, T. C. T.; MASHIKI, M. Y.; MILESKI, M. M. ; SIERVO, M.; SILVEIRA, G. R. P. Adequação das terras da bacia do Rio Capivara, Botucatu, SP, Brasil, visando sua sustentabilidade ambiental. **UNOPAR Científica**. Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 12, p. 79-86, 2013.

CAMPOS, S. et al. Evolução do Uso das Terras da Microbacia do Alto Capivara - Botucatu (SP). In: **Anais...II** Simpósio de Engenharia Rural. Bandeirantes, Paraná. 2009.

CARVALHO FILHO, A. D., CURI, N., & SHINZATO, E. Relações solo-paisagem no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 903-916, 2010.

CASTRO, L. I. S.; CAMPOS, S.; ZIMBACK, C. R. L. SIG – SPRING aplicado na determinação da capacidade de uso das terras da microbacia do Ribeirão Pouso Alegre -Jau (SP). **Irriga**, v. 15, n. 3, p. 268-274, 2010.

CASEIH. Café. Disponível em <<https://www.caseih.com/latam/pt-br/products/colhedoras-e-colheitadeiras/colhedoras-de-caf%C3%A9> > acesso em 28 de agosto de 2021.

CASEIH. Manual do Operador – Série 8000. 2021a Disponível em <<https://www.docsity.com/pt/manual-do-operador-serie-8000/4893971/>> acesso em 28 de agosto de 2021a.

CARVALHO NETO, L. M. Uso e Ocupação do solo da Área de preservação permanente (APP) da microbacia do Córrego Barreiro, Uberaba (Minas Gerais). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 1, n. 2, 2021.

CENTENO, L. N., GUEVARA, M. D. F., CECCONELLO, S. T., DE SOUSA, R. O., & TIMM, L. C. Textura do solo: Conceitos e aplicações em solos arenosos. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2017.

CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil. 2016. 252p.

CHAVES, M. E. D., DIAS, R. E. B. A., CUNHA, J. P. B., & RAMIREZ, G. M. Utilização de mapas de declividade para a inferência de aptidão à mecanização agrícola cafeeira em Campos Gerais e Machado, MG. VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Salvador – BA. 2013. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3554/203_VIII-SPCB-2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 abr. 2021.

CINTRA, P. H. M., COMPAGNON, A. M., ARRIEL, F. H., VENTURA, G. S., DOS SANTOS, M. L., & NETO, A. M. P. Variabilidade espacial e qualidade na semeadura de soja. *Brazilian Applied Science Review*, v. 4, n. 3, p. 1206-1221, 2020.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA. **Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande**. [S.l.: s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.grande.cbh.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 16 abr. 2021.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira café. V. 5 - SAFRA 2020 - N.6 - Quarto levantamento | dezembro 2020 <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/34932_f1f6ea7816de1bd2f9528cac2d9a19b1> acesso em 28 de agosto de 2021.

COSTA, A. S. da. **Levantamento da capacidade de uso da terra na fazenda afluente do Quipauá, em Ouro Branco (RN)**. 2009. Monografia (Graduação) Curso Engenharia Florestal. CSTR/UFCG, Patos-PB, 2009.

COSTA, H. F., AMORIM, A. T., SACRAMENTO, B. H., ANA, J., DE SOUSA, P., & LOURENÇO, R. W. Avaliação da capacidade de uso da terra por meio de técnicas de

geoprocessamento e sensoriamento remoto. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 19, 2019.

COSTA, S. B., ARAÚJO, D. S., DOS SANTOS, M. D. M., FERREIRA, S., DA SILVA GONÇALVES, C., & DA COSTA, J. A. INDICADORES AMBIENTAIS GEORREFERENCIADOS PARA A ÁREA DO PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS FERRUGINOSOS. XIX Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto. Santos-SP. 2019a. Disponível em <<http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/10.01.16.58/doc/97669.pdf>> acesso em 28 de agosto de 2021.

CURI, N.; CHAGAS, C.S.; GIAROLA, N.F.B. Distinção de ambientes agrícolas e relações solo-pastagens nos Campos da Mantiqueira (MG). In: EVANGELISTA, A.R.; CARVALHO, M.M.; CURI, N. (Eds.). Desenvolvimento de pastagens na zona fisiográfica Campos das Vertentes, MG:reunião de trabalho sobre pastagens nativas e desenvolvimento de pastagens para gado de leite nos Campos das Vertentes. Lavras: ESAL/Embrapa, 1994. p.21-43.

CURCIO, G. R. Levantamento de solos: uma reflexão. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 39, n. 1, p. 28-31.2014.

DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J.F.; WILLES, J.A. Acidentes de trabalho envolvendo conjuntos tratorizados em propriedades rurais do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, v.34, n.3, 2004.

DALEPIANE, S. D. S., & SANES, F. S. M. Análise de perfil de um latossolo no Município de Augusto Pestana/RS. *Salão do Conhecimento*. XXVII Seminário de Iniciação Científica. 2019.

DANTAS, W. M. **Avaliação da aptidão agrícola de solos da microrregião de Guarabira/PB**. Monografia (Curso de Geografia, UEPB, na linha de pesquisa: Conservação do meio ambiente e sustentabilidade dos ecossistemas, orientado pela prof. Dr. Luciene Vieira de Arruda). 91 p. 2013.

DELARMELINDA, E. A. **Aplicação de sistemas de avaliação da aptidão agrícola em solos do Estado do Acre**. 2011. 141f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2011.

DE PAULA, A. M.; CAMPOLINA, B. ANALÍSE DA DINÂMICA DO SETOR AGROPECUÁRIO EM MINAS GERAIS NO PERÍODO 2000-2010. CEDEPLAR/UFMG. Disponível em <https://diamantina.cedeplar.ufmg.br/portal/download/diamantina-2016/213-361-1-RV_2016_10_09_00_34_05_251.pdf> acesso em 28 de agosto de 2021.

DIAS, B. A. S.; ROSENDO, J. S. SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE AMBIENTAL: o emprego do fogo em canaviais no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE, Santos-SP. 2019. Disponível em <<http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/10.01.17.49/doc/97687.pdf>> acesso em 28 de agosto de 2021.

DONAGEMMA, G. K., FREITAS, P. L. D., BALIEIRO, F. D. C., FONTANA, A., SPERA, S. T., LUMBRERAS, J. F., ... & BORTOLON, L. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1003-1020, 2016.

DONATO, L., & MAGRI, R. USO E OCUPAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO LIMÃO, PASSOS-MG. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 14, n. 25, 2017.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. ALOS - Advanced Land Observing Satellite. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/alos>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. LATOSSOLOS. 2021a Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html> acesso em 28 de agosto de 2021.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cambissolos Háplicos. 2021b. Disponível em <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn1sf65m02wx5ok0liq1mqzx3jrec.html> acesso em 28 de agosto de 2021.

EMBRAPA. Solos Tropicais: argissolos. 2021c. Disponível em <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_7_2212200611538.html> acesso em 28 de agosto de 2021.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Neossolos Litólicos. 2021d. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_16_2212200611542.html>. Acesso em: 20 jan. 2021.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Nitossolos. 2021e. Disponível em: <

https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_17_2212200611543.html>. Acesso em: 20 jan. 2021.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Gleissolos. 2021f. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CO NT000gt7eon7k02wx7ha087apz2kfhpkns.html>. Acesso em: 20 jan. 2021.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Plintossolos. 2021g. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_15_2212200611542.html>. Acesso em: 20 jan. 2021.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Estudo destaca importância agronômica da profundidade efetiva do solo. 2021h. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/20796250/estudo-destaca-importancia-agronomica-da-profundidade-efetiva-do-solo>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** – 5. ed., rev. e ampl. - Brasília, DF. Embrapa, 2018. 590p.

EMBRAPA - PRONASSOLOS. 2018a. Disponível em <<http://pronasolos.agenciazetta.ufla.br/images/Curiosidades/CNPS-DOC-169-2018.pdf>> acesso em 28 de agosto de 2021.

EMBRAPA. Solos do Nordeste. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solos. 2014.

EMBRAPA- - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Soja. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. CULTIVARES DE SOJA MINAS GERAIS E REGIÃO CENTRAL DO BRASIL SAFRA 2010/2011 EMBRAPA SOJA LONDRINA, PR | 2010. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/40046/1/Folheto-Soja-2010-11MG-final-capa.pdf>> acesso em : 29 abr. 2021.

FANCELLI, A.L.; DOURADO, D. Gerenciamento da cultura do milho. Piracicaba, 1999. 2 CD-ROM

FERREIRA, C. A. **Gênese de “Latosolos acinzentados” em topossequência de Latossolos das chapadas do Alto Vale do Jequitinhonha**. Dissertação de Pós-Graduação. Univ. Fed. Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina. 84f, 2008.

FILIZOLA, H. F., FONTANA, A., DONAGEMMA, G., VIANA, J., LUIZ, A., & de SOUZA, M. D. Diagnóstico de atributos físico-hídricos dos solos de textura arenosa em áreas de intensificação agrícola no bioma Cerrado. **Embrapa Meio Ambiente-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2019.

FIÚZA, J. R.; PISANI, R. J. Análise multitemporal do desmatamento na porção sul do entorno do lago de furnas, região sul de minas gerais, no período de 10 anos por meio do índice de vegetação pela diferença normalizada. XIX Encontro Nacional de Geógrafos. João Pessoa-PB. 2018. Disponível em <http://www.eng2018.agb.org.br/resources/anais/8/1531505034_ARQUIVO_TrabalhocompletoENG.pdf> acesso em 28 de agosto de 2021.

FLAUZINO, B. K., MELLONI, E. G. P., & PONS, N. A. D. Mapeamento da capacidade de uso da terra como contribuição ao planejamento de uso do solo em sub-bacia hidrográfica piloto no sul de Minas Gerais. **Geociências (São Paulo)**, v. 35, n. 2, p. 277-287, 2016.

FLOWERS, M. D.; LAL, R. Axle load and tillage effects on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochraqualf in northwest Ohio. *Soil & Tillage Research*, v.48, p.21-35, 1998.

FONSECA, M. O que é um perfil de solo?. *Revista de Ciência Elementar*, v. 7, n. 2, 2019.

FONTENELE, W. Indicadores físicos e hídricos da qualidade de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado do Piauí. Dissertação (Mestrado em Agronomia, UFPI, na linha de pesquisa: Uso e manejo do solo e água, orientado pelo Prof. Dr. Adeodato Ari Cavalcante Salviano). 2006.

FRANÇA, L. C. J., PIUZANA, D., MORAIS, M. S., MENEZES, E., & MORANDI, D. T. Delimitação automática e quantificação das Áreas de Preservação Permanente de encosta para o município de Diamantina, Minas Gerais, Brasil. **Revista Espinhaço**, v. 7, n. 2, p. 60-71, 2018.

FRANÇA, L. C. J., SILVA, JOÃO BATISTA LOPES, LISBOA, GERSON DOS SANTOS. Aptidão à mecanização agrícola e florestal em uma sub bacia do Rio Uruçui Preto, Piauí. 2015.

FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Universidade Federal da Paraíba. 2010.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; LIMA, E. R. V. de. Mapeamento das terras para mecanização agrícola – Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.2, p.233-249, 2012.

FRANCISCO, P. R. M., CHAVES, I. D. B., LIMA, E. D., & SANTOS, D. Tecnologia da geoinformação aplicada no mapeamento das terras à mecanização agrícola. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 29, n. 1, p. 45-51, 2014.

FRANCISCO, P. R. M., DE LIMA, E. R. V., & SANTOS, D. Potencial pedoclimático do Estado da Paraíba para a cultura do feijão comum (*Phaseolus Vulgaris*). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 4, p. 841-857, 2016.

GAMEIRO, S., TEIXEIRA, C.P.B., SILVA NETO, T.A.; LOPES M.F.L., DUARTE, C.R., SOUTO, M.V.S., ZIMBACK, C.R.L. Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. *Terræ*, 13(1-2):15-22.2016.

GARCIA, Y. M. Conflitos de uso do solo em APPs na bacia hidrográfica do córrego Barra Seca (Pederneiras/SP) em função da legislação ambiental. 2014. xiv, 126 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” , Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2014.

GARCIA, Y. M., CAMPOS, S., TAGLIARINI, F. S. N., CAMPOS, M., & RODRIGUES, B. T. DECLIVIDADE E POTENCIAL PARA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PEDERNEIRAS-PEDERNEIRAS/SP. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 14, n. 1, p. 62-72, 2020.

GASPARI, M. C., PONTELLI, M. E., & BIFFI, V. H. R. Natureza poligenética de latossolo bruno em patamares extensos no meio oeste catarinense–planalto das araucárias. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 24, p. 23, 2020.

GIMENES, G. R., DE OLIVEIRA, R. B., DA SILVA, A. F., REIS, L. C., & DA SILVEIRA REIS. Mapping of slopes for the operation of agricultural harvesters in Bandeirantes Municipality (PR). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 97-107, 2017.

GONÇALVES, S., LOPES, E., & FIEDLER, N. C. Efeito da textura do solo e profundidade de trabalho na produtividade de um subsolador para implantação florestal. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 11, n. 21, 2015.

GOVERNO DE MINAS GERAIS. PERFIL DO AGRONEGÓCIO MINEIRO Dezembro/2013. 2021 a. Disponível em <http://www.agricultura.mg.gov.br/images/files/perfil/perfil_minas1.pdf> acesso em 28 de agosto de 2021.

GRANDE, T. O. D., ALMEIDA, T. D., & CICERELLI, R. E. x Classificação orientada a objeto em associação às ferramentas reflectância acumulada e mineração de dados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1983-1991, 2016.

GUEDES, J.; SILVA, S. M. P. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: princípios físicos, sensores e métodos. **Acta Geográfica**, v. 12, n. 29, p. 127-144, 2018.

GUIDA, L. C.; D. A., FLAMARION. (2020). CAFEICULTURA ESPECIALIZADA NA MESORREGIÃO SUL/SUDOESTE DE MINAS: A ORGANIZAÇÃO ESPACIAL PRODUTIVA. Xxi Encontro Nacional de Geografia Agrária. UNIFAL. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/342529717_CAFEICULTURA_ESPECIALIZADA_NA_MESORREGIAO_SULSUDOESTE_DE_MINAS_A_ORGANIZACAO_ESPACIAL_PRODUTIVA> acesso em 28 de agosto de 2021.

HÖFIG, P., ARAUJO-JUNIOR, C. F. CLASSES DE DECLIVIDADE DO TERRENO E POTENCIAL PARA NO ESTADO DO PARANÁ. *Coffee Science*, Lavras, v. 10, n. 2, p. 195 - 203, abr./jun. 2015. Disponível em:< >. Acesso em: 20 jan. 2021.

HÖFIG, P., DA SILVA, G. M. F., GIASSON, E., MOURA, N. S. V., & RIBEIRO, E. A. W. Mapeamento temático como ferramenta para a gestão e planejamento territorial, aplicado à propriedade rural no Município de Carlópolis/PR-Brasil. 2018.

IAC - Instituto Agrônomo de Campinas. Latossolos – IAC. Disponível em:<<http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/Latossolos.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

IAC - Instituto Agrônomo de Campinas. Argissolos – IAC. 2021a. Disponível em:<<http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/argissolos.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

IAC - Instituto Agrônomo de Campinas. Cambissolos – IAC. 2021b. Disponível em:<<https://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/cambissolos.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

IAC - Instituto Agrônomo de Campinas. neossolos – IAC. 2021c. Disponível em:<<https://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/neossolos.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

IAC-INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Solos do estado de São Paulo. 2015. Disponível em < <http://www.iac.sp.gov.br/solosp/pdf/latossolos.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

IGAM- Instituto Mineiro de Gestão das Águas - Bacias Hidrográficas de Minas Gerais. Principais rios de Minas Disponível em < <http://www.estadaomg.com.br/2017/09/bacias-hidrograficas-de-minas-gerais.html>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Spring - DPI/INPE. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_sen.html>. Acesso em: 20 jan. 2021.

JAPAN AEROEspace EXPLORATION AGENCY (JAXA Tutorial: **ALOS-Advanced Land Observing Satellite DAICHI**. 2008. Disponível em: <http://www.jaxa.jp/projects/sat/alos/index_e.html>. Acesso em 01 fev. 2021.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres. São José dos Campos, Parênteses, 2009. 598p.

JUSTEN, K. A., RATEKE, T., CHIARELLA, V. F., SOBIERANSKI, A. C., NETO, S. L., COMUNELLO, E., & VON WANGENHEIM, A. V. W. controle de Veículo a partir da Visão Computacional. **Anais do Computer on the Beach**, p. 222-231, 2016.

KLEIN, C., & KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015.

KLEIN, V. A. Física do solo. Ed. Universidade de Passo Fundo. 3º edição, 2014.

KONDO, M. K. Gênese, Morfologia e Classificação do solo- Notas de aula. Universidade Estadual de Montes Claros: Janaúba- Minas Gerais, 2008.

LABORSOLO. Conhecendo os solos brasileiros: Argissolos. Disponível em < <https://laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/conhecendo-os-solos-brasileiros-argissolos>> acesso em 28 de agosto de 2021.

LACERDA, A. F. O Estudo de Uso e Cobertura do Solo para a bacia hidrográfica do rio Carinhanha (BA/MG). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 1, n. 2, 2021.

LACERDA, H. C., & FONSECA, H. P., FARIA, A. L. L. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO XOPOTÓ: UTILIZANDO IMAGENS PALSAR E SENTINEL-2. III Simpósio De Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. 2018. Disponível em <<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/76/B0008.pdf>> acesso em 28 de agosto de 2021.

LEMOS NETO, O. O. Gleissolos em uma Toposequencia no Município de Goianésia-GO. Anais da Semana Agrônômica da Faculdade Evangélica de Goianésia, v. 9, n. 1, 2019.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI J. R., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4a aproximação, 2a. impressão revisada. Campinas: SBCS, 1991. 175p.

LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos. Oficina de textos, 2016.

LEPSH, I.F. 19 lições de Pedologia. São Paulo: Oficina de Textos. 2011.

LEPSCH, I.F. et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Viçosa, 2015, 170 p.

LIMA, D. F. B. de; REMPEL, C.; ECKHARDT, R. R. Análise Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari - Proposta de Zoneamento Ambiental. Revista Geografia, v. 16, n. 1, 2007.

LIMA, J. S. S., LEITE, A.M.P. Mecanização. In. MACHADO, C.C.(Ed). Colheita florestal. 2 ed. Viçosa. UFV, 2014. Cap.2, p.46-73.

LIMA, R. P. D., LEÓN, M. J. D., & SILVA, A. R. D. Compactação do solo de diferentes classes texturais em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v. 60, p. 16-20, 2013.

LUMBRERAS, J., CARVALHO FILHO, A. D., da MOTTA, P. E. F., BARROS, A., AGLIO, M., & DART, R. D. O. Potencialidades e limitações ao uso agrícola de solos do Matopiba. In: **Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. O solo e suas múltiplas funções: anais. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

LUCIANO, R. V. ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, A.; BATISTELLA. B.; WARMLING, M. T. Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no Sul do Brasil. Revista Brasileira Ciência do Solo, v. 36, p. 1733-1744, 2012.

MACHADO, L. N., LOSS, A., BACIC, I. L. Z., DORTZBACH, D., & DE CAMPOS LALANE, H. Avaliação do potencial agrícola e conflitos de uso das terras na microbacia Lajeado Pessegueiro, Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 3, p. 308-323, 2017.

MANZATTO, C.V. et al. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2009. 55p.

MARQUES, J.Q. A. Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra. 3a aprox. Rio de Janeiro: Escritório Técnico Brasil-EUA, 1971. 433p.

MATOS, D. M. Análise crítica da profundidade de coleta dos solos para fins de levantamento. 2019. 38 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MENEZES, M. D. D., CURI, N., MARQUES, J. J., MELLO, C. R. D., & ARAÚJO, A. R. D. Pedologic survey and geographic information system for evaluation of land use within a small watershed, Minas Gerais State, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 6, p. 1544-1553, 2009.

MICHELON, D., ZAMBERLAN, J. F., DE OLIVEIRA NETO, D., & SAMPAIO, M. I. R. USO DO SENSORIAMENTO REMOTO COM VANTs: POSSIBILIDADE DE AQUISIÇÃO DE DADOS PARA AGRICULTURA. **CIÊNCIA & TECNOLOGIA**, v. 3, n. 1, p. 23-35, 2019.

MONTEIRO, F. M. L. Caracterização físico-química dos latossolos vermelhos para aplicação como pigmento cerâmico natural. Mestrado Em Ciência E Engenharia De Materias. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2018.

MORAES, M. F., BASTOS, M. F., & DE SOUZA, P. M. Análise multitemporal do uso e ocupação do solo em Mário Campos-MG. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR**. Santos - SP, 2017. Disponível em <<http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2017/10.23.17.08.42/doc/59395.pdf>> acesso em 28 de agosto de 2021.

MOREIRA, H. L., OLIVEIRA, V. Á. D. Evolução e gênese de um Plintossolo Pétrico concrecionário êutrico argissólico no município de Ouro Verde de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1683-1690, 2008.

MOREIRA, J. S.; FARIA, T. O. Evolução Multitemporal do Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Ribeirão do Lipa, Cuiabá-MT. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, vol. 42, n. 4, p. 163-171, 2019.

MUELLER, L. et al. Assessing the productivity function of soils: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 30, p. 601-604, 2010.

MUNIZ, E. K. G. G. Identificação da Fragilidade Ambiental na Serra do Caraça/MG. Monografia (Especialização) Universidade Federal de Minas Gerais. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/IGCM-9UVHLE/1/edigreice_karoline.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.

NASCIMENTO, H. R., & DE ABREU, Y. V. **Geotecnologias e o Planejamento da Agricultura de Energia**. EUMED. NET, 2012.

NEGREIROS NETO, J. V., DA SILVA, R. R., DE FREITAS, G. A., & DOS SANTOS, A. C. Geologia de calcários do tocantins e composição química de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos. **Revista Cereus**, v. 12, n. 1, p. 137-151, 2020.

NETA, S. R. A., DE SOUZA BIAS, E., & DOS SANTOS, C. A. M. Classificação Baseada em Objetos e Mineração de Dados: Aplicação de Ferramentas Open Source no Mapeamento de Área Urbana. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 3, p. 932-966, 2018.

NETO, O. C. P., & LIMBERGER, L. Estudo da adequabilidade do uso do solo na área rural, através de técnicas de geoprocessamento. **Geografia (Londrina)**, v. 11, n. 2, p. 171-184, 2002.

NEVES, L. V. D. M. W., DOS SANTOS, J. C. B., DE SOUZA JÚNIOR, V. S., CORRÊA, M. M., & DE ARAÚJO FILHO, J. C. Associações entre os atributos de nitossolos e o clima da costa sul de Pernambuco. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 255-263, 2018.

OLIVEIRA, F. R. et al. Favorabilidade à mecanização agrícola de bacias hidrográficas por meio de sistema de informações geográficas. **ENERGIA NA AGRICULTURA**, v. 35, n. 3, p. 415-425, 2020.

OLIVEIRA-FILHO, A.T., SCOLFORO, J.R.S., OLIVEIRA, A.D., CARVALHO, L.M.T. de Workshop: Definição e delimitação de domínios e subdomínios das paisagens naturais do Estado de Minas Gerais, in: Mapeamento E Inventário Da Flora Nativa E Dos Reflorestamentos de Minas Gerais. Editora UFLA, Lavras, pp. 21–35. 2006.

OLIVEIRA, G. C. Solos da Região dos Cerrados: **Reconhecimento na paisagem, potencialidades e limitações para uso agrícola**. Monografia de Pós – Graduação. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 69f. 2009.

OLIVEIRA, J. C. C., DE ANDRADE, S. L., LEMES, E. M., RAMOS, I. M. G., & DE ARAÚJO GALLIS, R. B. Uso e ocupação do solo do município de Campina Verde-MG. XIX Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto. Santos-SP. 2019. Disponível em <<http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/10.04.16.13/doc/97740.pdf>> acesso em 28 de agosto de 2021.

Oliveira, J.B. Pedologia aplicada. 3. Ed. FEALQ, Piracicaba. 592 p. 2008.

PADILHA, A. F. D. R., NEVES, M., OSORIO, I., & DE LOLLO, J. A. Obtenção de variáveis morfométricas aplicadas na avaliação de processos erosivos a partir de dados de radar. XIX Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto. Santos-SP. 2019. Disponível em <<http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/09.13.16.42/doc/97496.pdf>> acesso em 28 de agosto de 2021.

PÁDUA, E. J. D., GUERRA, A. R., & ZINN, Y. L. Modelagem da densidade do solo em profundidade sob vegetação nativa em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 725-736, 2015.

PEDRON, F. A.; POELKING, E. L.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C. de; KLANT, E. A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine – RS. *Ciência Rural*, v.36, n.1, p.105-112. 2006.

PEDROTTI, A., CHAGAS, R. M., RAMOS, V. C., PRATA, A. D. N., LUCAS, A. A. T., & SANTOS, P. D. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

PEIXOTO, C. M., FERNANDES, P. R. M., RODRIGUES, P. C. H., & FELICIANO, V. M. D. Distribuição das Concentrações de Atividade de ^{238}U e ^{232}Th em Amostras de Solo do Estado de Minas Gerais. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 4, n. 2, 2016.

PENONI, L. H., GONÇALVES, F. P. R., SILVA, J. R., SILVA, C. F. A., FRANÇA, F. M., & CAVALCANTI, R. S. Utilização do sensoriamento remoto na avaliação do antropismo NO Parque Nacional Da Serra da Canastra-MG. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 5126-5136, 2017.

PEREIRA, D. P.; FIEDLER, N. C.; LIMA, J. S. S.; GUIMARÃES, P. P.; MÔRA, R. CARMO, F. C. A. Eficiência da subsolagem na profundidade de preparo do solo em função da declividade do terreno. *Cerne*, v.18, n.4, p. 607-612, 2012.

PEREIRA, L. C., LOMBARDI NETO, F. Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36p.

PEREIRA, L. F., DA ROCHA LIMA, C. G., & JUNIOR, E. C. Utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) para Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas e Classificação do Uso e Ocupação do Solo. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 10, n. 20, 2017.

PEREIRA, L. S.; SILVA, D. O.; PAMBOUKIAN, S. V. D. Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura de Precisão no Cultivo de Bambu. *Mackenzie de Engenharia e Computação*, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 8-33, 2016.

PIRES, A. S. M. Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climáticos e solos degradados. Instituto Politécnico de Bragança -IPB. Dissertação de Mestrado em Gestão de Recursos Florestais. 2015. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/12768/1/Ana%20Sofia%20Martins%20Pires.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

POELKING, E. L., DALMOLIN, R. S. D., PEDRON, F. D. A., & FINK, J. R. Sistema de informação geográfica aplicado ao levantamento de solos e aptidão agrícola das terras como subsídios para o planejamento ambiental do município de Itaara, RS. **Revista Árvore**, v. 39, p. 215-223, 2015.

POLTORAK, B. J., LABELLE, E. R., JAEGER, D. Soil Displacement during Ground-Based Mechanized Forest Operations Using Mixed-Wood Brush Mats. *Soil and Tillage Research*, v. 179, p.96-104. 2018.

PONZONI, F. J.; SHIMBAKURO, Y. E.; KUPLICK, T.M. Sensoriamento Remoto da vegetação. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2012.

PRONASOLOS PARANÁ - PROGRAMA NACIONAL DE SOLOS - PRONASOLOS PARANÁ. CAMBISSOLOS HÁPLICOS DO SUBPLANALTO CASCAVEL. 2021. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/PronasolosPR/Pagina/CAMBISSOLOS-HAPLICOS-DO-SUBPLANALTO-CASCAVEL-0>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

PRONASOLOS PARANÁ - PROGRAMA NACIONAL DE SOLOS - PRONASOLOS PARANÁ. NEOSSOLOS LITÓLICOS DO SUBPLANALTO DE CASCAVEL –

Características e potencial de uso. 2021a. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/node/23437>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

PRONASOLOS PARANÁ - PROGRAMA NACIONAL DE SOLOS - PRONASOLOS PARANÁ. NITOSSOLO VERMELHO DO SUBPLANALTO DE CASCAVEL – características e potencial de uso. 2021b. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/PronasolosPR/Pagina/NITOSSOLO-VERMELHO-DO-SUBPLANALTO-DE-CASCAVEL-caracteristicas-e-potencial-de>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

RADEMANN, L. K., MARCZEWSKI, R. K., & TRENTIN, R. Análise do uso e ocupação do solo no município de Garruchos–RS através de sensoriamento remoto. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 5771-5775, 2017.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3.a ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.

REGO, L.G.S. **Pedogenese e classificacao de solos da fazenda experimental “Rafael Fernandes” no municipio de Mossoro/RN**. 2015. F. TCC (Graduacao), bacharelado em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Arido, Mossoro/RN, 2015.

RESENDE, M. et al. Pedologia: base para distinção de ambientes. 6. ed. Viçosa: UFLA, 378 p.2014.

RIBEIRO, A. S., MINCATO, R. L., CURI, N., & KAWAKUBO, F. S. Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica pelo processo analítico hierárquico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 01, p. 016-031, 2016.

RIBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GALINDO, I. C. L. Os solos e o processo de desertificação no semiárido brasileiro. **Tópicos em ciência do solo**, v.6, p.413-459. 2009.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R.; LLANILLO, R.F. & FERREIRA, R. Compactação do solo: Causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, n. 26, p. 321- 344, 2005.

ROCHA, A. C. T., BARBOSA, S. A. A. R., & RODRIGUES, J. Uso de SIG para confecção de um mapa de uso e ocupação do solo do município de Bambuí-MG. **Minas Gerais. II Seminário dos Estudantes de Pós-graduação**. Instituto Federal Minas Gerais (IFMG). 2016. Disponível em <https://www.bambui.ifmg.edu.br/portal_teste/images/SEP/2016/Resumo%2014.pdf> acesso em 28 de agosto de 2021.

ROCHA FILHO, G. B. R., FILHO, J. C. A., CARVALHO, R. M. C. M. O., ARAÚJO, M. S. B., FRUTUOSO, M. N. M. A., BRANDÃO, S. S. F. Potencial agroecológico do Município de Itacuruba, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 9, 172-184.2016.

ROCHA, G. A. et al. **Recursos hídricos**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2012. 106 p.

RODRIGUES, L. A., BRAGA, M. D., DE ALMEIDA, R. P., & DE SOUZA JUNIOR, D. IV-247 - ESTUDO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA SUB-BACIA DO RIO CEDRO, NORTE DE MINAS GERAIS. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental AESABESP - **Associação dos Engenheiros da Sabesp**. 2017. Disponível em < <https://www.saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2019/05/IV-247.pdf>> acesso em 28 de agosto de 2021.

RODRIGUES, L., C., & BAYER, M. Avaliação da demanda hídrica por pivôs centrais e agroindústrias na Alta Bacia do Ribeirão Santo Inácio–Orizona/GO. **Ateliê Geográfico**, v. 13, n. 2, p. 128-147, 2019.

ROSSI, M.; MATTOS, I. F. A., KANASHIRO, M. M., SANTOS, L. G., VELLARDI, J. W.V. Diagnóstico do meio físico da fazenda Santa Carlota: solos. IF Sér. Reg. n. 52 p. 7-27 dez. 2014

ROSSI, M.; OLIVEIRA, J. B. de. O mapa pedológico do Estado de São Paulo. *O Agrônomo*, v. 52, n. 1, 2000.

SÁ, M. F. M. Os solos dos Campos Gerais. In: *Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná*. 1 Ed. Ponta Grossa: Editora UEPG. cap. 6, p. 73-83. 2007.

SALVIANO, A. M., CUNHA, T. J. F., OLSZEWSKI, N., DE OLIVEIRA NETO, M. B., GIONGO, V., DE QUEIROZ, A. F., & DE SANTANA MENEZES, F. J. Potencialidades e limitações para o uso agrícola de solos arenosos na região semiárida da Bahia. **Magistra**, v. 28, n. 2, p. 137-148, 2017.

SANTANA, M., B.; SILVA, V. S. G., & GALVÃO, E. R. DIAGNÓSTICOS SUBSUPERFICIAIS. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 15, n. 1, p. 408-416, 2017.

SANTOS, A. M.; NUNES, F. G. Mapeamento de cobertura e do uso da terra: críticas e autocríticas a partir de um estudo de caso na Amazônia brasileira. **Geosul**, v. 36, n. 78, p. 476-495, 2021.

SANTOS, J. C. P., DA SILVA, A. B., MARIN, F. R., DE OLIVEIRA NETO, M. B., & PARAHYBA, In: **Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 17., 2008, Rio de Janeiro. Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais. Rio de Janeiro: SBCS: Embrapa Solos: Embrapa Agrobiologia, (Embrapa Solos. Documentos, 101)., 2008.

SARTORI, C. A. A.; DE MORAES, C. D. A. INTELIGÊNCIA DOS SATÉLITES COMO SUPORTE NO MONITORAMENTO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS. *JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: Mobilizar o Conhecimento para Alimentar o Brasil*. 2017.

SCIPIONI, M. C., LONGHI, S. J., BRANDELERO, C., PEDRON, F. D. A., & REINERT, D. J. Análise fitossociológica de um fragmento de floresta estacional em uma catena de solos no Morro do Cerrito, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, v. 22, p. 457-466, 2012.

SENAR-Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Café: formação da lavoura/ Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. 2017.

SILVA, A. B. DA; AMARAL, A. J. DO; SANTOS, J. C. P. DOS; GOMES, E. C.; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA NETO, M. B. DE. Potencial pedológico do Estado de Alagoas para o cultivo de cana-de-açúcar em manejo com alta tecnologia. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 34, Florianópolis. Anais...Florianópolis, 2013.

SILVA, A. S., ROSA, R. Mapa de capacidade e potencial do uso da terra do município de Catalão (GO). **Caderno de Geografia**, v. 29, p. 954-977, 2019.

SILVA, C. O. **Geoprocessamento aplicado ao zoneamento agrícola para cana-de-açúcar irrigada do estado do Piauí**. 2016, 72f. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem). Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2016.

SILVA, D. F., SILVA, L. J. S., BRAGA, S. E., HOLANDA, T. F. Potencial de mecanização da cidade de Vitória de Santo Antão-PE. *Retratos da Geografias – olhares através das Geotecnologias*.175-183p. 2020. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Fabrizio_Listo/publication/341131243_RETRATOS_DA_GEOGRAFIA__OLHARES_ATRAVES_DAS_GEOTECNOLOGIAS/links/5eb0257c45851592d6b87d66/RETRATOS-DA-GEOGRAFIA-OLHARES-ATRAVES-DASGEOTECNOLOGIAS.pdf#page=175>. Acesso em: 20 jan. 2021.

SILVA, F. M.; ALVES, M. C. Cafeicultura de Precisão. 1ºed.- Editora UFLA, 227p., 2013.

SILVA, G. F., MELLO-FARIAS, P., & DODE, L. B. Biotecnologia Invade a Escola-Pomar Didático. **Expressa Extensão**, v. 21, n. 1, p. 14-22, 2016.

SILVA, I. P., & NETO, M. V. B. APTIDÃO AGRÍCOLA DOS SOLOS DA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GOIANA NO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Acta Geográfica**, v. 14, n. 36, p. 78-99, 2020.

SILVA, J. V.; FREITAS, D. F.; ROMERO, R. E. EXPOSIÇÃO SOLOS DE REFERÊNCIA DO ESTADO DO CEARÁ. *Encontros Universitários da UFC*. v. 5 n. 6 2021.

SILVA, L. F. **Gênese e classificação de solos do Jardim Botânico de Porto Alegre**, RS. 2014.

SILVA, L., PALMA, V., OLIVEIRA, S., GUEDES, L., & POLKEING, E. ANÁLISE DE USO DA TERRA MEDIANTE O AVANÇO DA AGRICULTURA ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO NAS CIDADES DE MUCUGÊ E IBICOARA-BA. I Seminário de Pesquisa em Engenharia de Água e Solo. UFRB, Cruz das Almas-BA. 2019.

SILVA, M. D. S., BUENO, I. T., ACERBI, F. W., BORGES, L. A. C., & CALEGARIO, N. Avaliação da cobertura do solo como indicador de gestão de recursos hídricos: um caso de estudo na sub-bacia do Córrego dos Bois, Minas Gerais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, p. 445-452, 2017.

SILVA, M. Z. F.; FREITAS, E. P.; MESSIAS, R. M.; SOUSA, C. F.; NASCIMENTO, M. A. Análise sobre um perfil do solo no município de Taboleiro Grande/RN. *Revista do CERES*, Natal, v. 1, n. 2, p. 62-68, 2015.

SILVA NETO, E., SOUZA, A. F., JÚNIOR, M. C., CORDEIRO, A. A., & OLIVEIRA, A. Aplicação do sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (SAAAT) em solos do Norte de Minas Gerais. **Agrarian Academy**, v. 5, n. 09, 2018.

SILVA, R. F.; OLIVEIRA, N. E.; MELO, A. F.; ALVES, C. A. B.; ARRUDA, L. V. **CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE UM ARGISSOLO BRUNO-ACINZENTADO LOCALIZADO NA SERRA DA JUREMA, GUARABIRA – PB**. 62ª Reunião Anual da SBPC. 2008. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/62ra/resumos/resumos/4895.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

SILVA, R. P. D., NOGUEIRA, M. A. D. S., & ASSIS, L. C. D. Uso de SIG para determinação de áreas potenciais para mecanizada da cultura de café arábica na região de Nova Ponte-MG. 2001. Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (2. : 2001 : Vitória, ES). Resumos. Brasília, D.F. : Embrapa Café, 2001. 181p. : il.

SILVA, V.R. Compressibilidade de um Podzólico e um Latossolo em função do estado inicial de compactação e saturação em água. Santa Maria, RS, 1999. 116p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Biodinâmica de Solos) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 1999.

SILVA, V. R. D., REINERT, D. J., & REICHERT, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**, v. 30, p. 795-801, 2000.

SILVEIRA, G. R. P., CAMPOS, S., & FERREIRA, L. D. T. L. Acompanhamento da dinâmica do uso do solo em uma bacia hidrográfica no Município de Botucatu (SP) por meio de geotecnologia. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, n. 2, 2014.

SILVEIRA, P. M. DA; STONE, L. F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*, v.7, n.2, p.240-244. 2003.

SKAGGS, R. W. 1981. DRAINMOD - Reference report: Methods for design and evaluation of drainage-water management systems for soils with high water tables. Raleigh: USDA-SCS, 329p.

SOARES, A. F. S., DOS SANTOS, J. P., DE MORAIS SILVA, L. F., UCHOA, N., RODRIGUES, A., & RAMOS, V. D. V. DIAGNÓSTICO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA SUB-BACIA DO DISTRITO DE DOM CORRÊA EM MANHUAÇU-MG. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campo Grande/MS. 2017. Disponível em < <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/VI-032.pdf>> acesso em 28 de agosto de 2021.

SOARES, J. L. N.; ESPÍNDOLA, C. R.O; CASTRO, S. S. de. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 29. p. 1005-1014, 2005.

SOARES, M.C.E. et al. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente por meio de SIG. In: CONGRESSO ITENAO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2., 2010, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Instituição Toledo de Ensino, 2010. CD-ROM.

SOUZA, F.R.C.; PAULA, D.P. Análise de perda do solo por erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Coreau (Ceará-Brasil). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.20, n.3, p.491-507, 2019.

SOUZA, G. S., TAQUES, R. C., SENRA, J. D. B., & LANI, J. Potencial de mecanização das lavouras cafeeiras no Estado do Espírito Santo. INCAPER-ES. 2019. Disponível em <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3407/1/29seagro-souza.pdf>> acesso em 28 de agosto de 2021.

SOUZA, L. C. O agronegócio no Triângulo Mineiro e o impacto das políticas públicas nas últimas décadas. **Simpósio sobre Reforma Agrária e Questões Rurais**, v. 5, 2012.

SOUZA, L. M., KATO, O. R., & DE AGUIAR, P. F. Análise das mudanças do uso da agricultura anual a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no município de Ulianópolis, Pará. **Papers do NAEA**, v. 1, n. 3, 2021.

STEFFEN, C. A. Introdução ao sensoriamento remoto. Divisão de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE, São José dos Campos São– SP. Disponível em: <<http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

STEFANOSKI, D. C., SANTOS, G. G., MARCHÃO, R. L., PETTER, F. A., & PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 17, p. 1301-1309, 2013.

SUZUKI, L. E. A. S., DA SILVA ALMEIDA, W. R., DO AMARAL, R. D. L., RAMOS, M. F., REHBEIN, M. O., & KUNDE, R. J. Capacidade de uso e aptidão agrícola das terras de propriedades rurais localizadas na bacia hidrográfica do Arroio Pelotas. **ForScience**, v. 9, n. 1, p. e00873-e00873, 2021.

TAVARES, A. S., JÚNIOR, H. M., SPALEVIC, V., & MINCATO, R. L. Modelos de erosão hídrica e tolerância das perdas de solo em Latossolos distróficos no sul de Minas Gerais. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 7221-7232, 2017.

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. CONDIÇÕES AGRÍCOLAS DAS TERRAS. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/napead/projetos/tecnicas-avaliacao-terras/brasileiro3.html>>. Acesso em: 20 jan. 2021

UFSM- Universidade Federal de Santa Maria. Solos. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ifcra/solos.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

USGS - Earth Explorer. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

UFV; CETEC; UFLA; FEAM. Mapa de solos de Minas Gerais: legenda expandida. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2010. 49 p. Disponível em: <<http://www.feam.br/-qualidade-do-solo-e-areas-contaminadas/mapa-de-solos>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

VENTURA, R. C. A.; SOUZA, E. A.; SILVA, F.A.; DANTAS, J. S. Caracterização morfológica e física de um solo no semiárido paraibano. I Congresso internacional de diversidade do semiárido. 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/312200450_CHARACTERIZACAO_MORFOLOGICA_E_FISICA_DE_UM_SOLO_NO_SEMIARIDO_PARAIBANO> acesso em 21 junho 2021.

WADT, P. G. S., DELARME LINDA, E. A., COUTO, W. H., DOS ANJOS, L. H. C., & PEREIRA, M. G. Validação de sistema de aptidão agrícola das terras em projeto de assentamento de Sena Madureira, Acre. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 5, n. 4, p. 68-77, 2015.

WREGE, M., FILIPPINI ALBA, J. M., de ALMEIDA, I. R., & MARTINS, C. Critérios e indicadores edafoclimáticos para o cultivo da Nogueira-pecã no Sul do Brasil. In: **Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DA NOZ-PECÃ, 2., 2019, Cachoeira do Sul. Anais. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 116-119., 2019.

YUAN, F.; SAWAYA, K.E.; LOEFFELHOLZ, B.C.; BAUER, M.E. Land cover classification and change analysis of the twin cities (Minnesota) metropolitan area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, Amsterdam, v. 98, n. 2-3, p. 317-328, oct. 2005.

ZANLORENSI, T. L., NETO, P. H. W., BUTZKE, H. P., & ROCHA, C. H. Planejamento de uso das terras de unidade rural com uso de informações digitais geográficas disponíveis gratuitamente. *Ambiência Guarapuava (PR)* v.12 n.4 p. 1015 - 1026. 2016.