



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



MARIA ISABEL DE OLIVEIRA LIMA

LEVANTAMENTO DO MEIO FÍSICO E
CLASSIFICAÇÃO DE TERRAS PELO SISTEMA DE
CAPACIDADE DE USO DO SOLO NO CCA/UFSCar

ARARAS - 2024



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



MARIA ISABEL DE OLIVEIRA LIMA

**LEVANTAMENTO DO MEIO FÍSICO E
CLASSIFICAÇÃO DE TERRAS PELO SISTEMA DE
CAPACIDADE DE USO DO SOLO NO CCA/UFSCar**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia
Agrônoma – CCA – UFSCar para a obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Profa. Dra. Anna Hoffmann Oliveira

ARARAS – 2024

**Dedico este trabalho à minha mãe Fernanda
(*in memoriam*) e à minha filha Maria Helena,
que me inspiram e me fortalecem.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e à Virgem Maria por todas as graças concedidas a mim, por me proporcionarem a força necessária para superar todas as dificuldades e por me darem discernimento para tomar as melhores decisões.

Expresso minha profunda gratidão à minha família, em especial minha mãe Fernanda (*in memoriam*), que foi minha melhor amiga e principal apoio. Agradeço à minha filha Maria Helena e à minha irmã Sara, por serem as pessoas que me ensinaram o que é responsabilidade, ao mesmo tempo em que me lembraram da importância de manter a alegria da infância. Sou grata aos meus avós Antônio (*in memoriam*), Josefa e Pedro, às minhas tias Patrícia e Graziela e aos meus padrinhos Maria Rita e José pelo apoio incondicional em todas as etapas da minha vida, em especial a meus estudos.

Agradeço ao meu amigo, namorado e companheiro Daniel, por não soltar minha mão em nenhum momento, sempre me apoiar e me lembrar da minha capacidade. A você, Daniel, dedico meu amor e admiração.

Agradeço também aos amigos e companheiros que conquistei na universidade e na vida, em especial às minhas irmãs de coração, Maria Louize, Ana Paula, Gabriela, Larissa, Tamires e Mônica. Passamos por momentos bons e difíceis juntas, sempre apoiando uma à outra. Vocês tornaram a graduação muito mais leve, sendo especiais e fundamentais para mim.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Anna Hoffman de Oliveira, pela oportunidade de trabalhar a seu lado e pela confiança em mim depositada.

Agradeço à Prof^a. Dr^{as}. Alessandra dos Santos Penha e Prof^a.Dr^a. Anastácia Fontanetti, membros da banca avaliadora, por aceitarem fazer parte desta etapa da graduação, e por contribuírem com o enriquecimento deste trabalho.

Expresso minha gratidão à Universidade Federal de São Carlos e aos meus professores, que desempenharam papel crucial nessa jornada, compartilhando experiências e conhecimentos, sendo grandes exemplos. Agradeço especialmente à Adriana Sais, Eduardo Barreto, Marta Marjotta, Nataly Lopes e Victor Forti.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Seu apoio foi essencial para o sucesso desta jornada acadêmica.

“Olhar para o passado deve ser apenas um meio de entender claramente o que e quem eles são, para que se possam construir mais sabiamente o futuro”

Paulo Freire

RESUMO

A investigação da propensão natural de uso das terras é de suma importância, especialmente em ambientes sujeitos à intensa ação antrópica. Quando as condições de capacidade produtiva do solo não são levadas em consideração, sendo este utilizado de maneira inadequada, pode ocorrer a sua subutilização ou sobreutilização, resultando em ineficiência ou danos severos. Nesta perspectiva, o objetivo do trabalho foi determinar a capacidade de uso do solo no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), campus Araras. O potencial das terras foi avaliado através das informações de atributos morfológicos, físicos e químicos dos solos disponibilizadas no levantamento pedológico detalhado do CCA, somado ao levantamento planialtimétrico ultradetalhado e observações de campo. O método de classificação adotado foi o Sistema de Capacidade de Uso das Terras, o qual considera profundidade efetiva, textura, permeabilidade, fatores limitantes específicos, declividade, erosão e uso atual, entre outros, de forma a identificar os solos de acordo com sua maior limitação. A partir das análises foram confeccionados os mapas de uso atual do solo, potencial de uso do solo e adequação de uso do solo. Verificou-se que toda a área se enquadra no Grupo A, cuja intensidade de uso acomoda culturas anuais, perenes, pastagens, reflorestamento e vida silvestre. Há, contudo, diferenças quanto às necessidades de conservação do solo, verificadas entre as classes presentes. No campus há predomínio da classe III (94,14% da área total das glebas classificadas), indicando áreas com propensão a problemas complexos de conservação e/ou melhoramento; na classe II, com problemas mais simples, verifica-se 2,31%; sendo que o restante (3,54%) apresenta sérios problemas relativos à conservação do solo. Além dos 23,78% da área total das glebas classificadas ocupados por Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL), em mais da metade da área (67,59%) a utilização do solo está adequada à sua capacidade. Há uso acima e abaixo da capacidade em 3,54% e 5,09%, respectivamente. Quanto à sustentabilidade de uso do solo no CCA/UFSCar, recomenda-se para as áreas sobreutilizadas, atualmente sob cultivo da cana-de-açúcar, a adoção de um manejo menos intensivo do solo, conforme as suas limitações, ou ainda a destinação da área para conservação, além da implantação de práticas de recuperação e controle dos sulcos de erosão. Os solos subutilizados, por

outro lado, podem ser explorados adequando-se ao seu máximo potencial, que inclui o cultivo anual e manejo mais intensivo. Para os solos que estão em seu uso adequado, recomenda-se a adoção e/ou manutenção das práticas conservacionistas, em virtude da classe de capacidade de uso predominante (III) no campus, de forma a garantir uma gestão sustentável do recurso solo e a prevenção da degradação dos recursos hídricos.

Palavras-chave: classificação interpretativa das terras, conservação do solo, manejo do solo, pedologia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Localização do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).....	25
Figura 2. Centro de Ciências Agrárias da UFSCar (CCA/UFSCar) subdividido em quadras com suas respectivas áreas (ha).....	27
Figura 3. Resumo da variação do tipo e da intensidade máxima de utilização da terra sem risco da erosão acelerada em função das classes de capacidade de uso.	31
Figura 4. Esquema dos grupos, classes, subclasses e unidades de capacidade de uso	32
Figura 5. Mapa Base do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar)	38
Figura 6. Mapa de uso atual do solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).....	40
Figura 7. Cultivo de cana-de-açúcar em terraços (CCA/UFSCar)	41
Figura 8. Mapa de Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).....	42
Figura 9. Modelo Digital de Elevação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).....	51
Figura 10. Mapa de declividade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).....	52
Figura 11. Erosão laminar observada em área próxima a um talhão de cana-de-açúcar	54
Figura 12. Sulco de erosão observado no cultivo de cana-de-açúcar na UFSCar/CCA	54
Figura 13. a. Recorte de imagem aérea da UFSCar/CCA (2017)*; b. Imagem de satélite para o CCA (maio de 2023)*; c. Fotografia do sulco formado por erosão na borda de talhão de cana-de-açúcar (novembro de 2023)*.	55
Figura 14. Glebas uniformes para classificação da Capacidade de Uso do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar)	56

Figura 15. Exemplo de aplicação da fórmula obrigatória.....	57
Figura 16. Mapa de potencial de uso do solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar)	60
Figura 17. Mapa de adequação do uso do solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar)	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos físicos dos solos do CCA-UFSCar	28
Tabela 2. Atributos químicos dos solos do CCA-UFSCar	29
Tabela 3. Índices de profundidade efetiva do solo	33
Tabela 4. Grupamentos texturais do solo	34
Tabela 5. Graus de permeabilidade do perfil de solo.....	35
Tabela 6. Classes de declividade	36
Tabela 7. Classificação da ocorrência de erosão	37
Tabela 8. Uso atual do solo no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar), 2023	39
Tabela 9. Uso atual de acordo com a classe de solo no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar), 2023	44
Tabela 10. Resultados analíticos (ataque sulfúrico - %) obtidos nas amostras de solo dos perfis do CCA/UFSCar	48
Tabela 11. Permeabilidade dos solos do CCA-UFSCar	50
Tabela 12. Classes de declividade do CCA/UFSCar	53
Tabela 13. Unidades de capacidade de Uso do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar)	58
Tabela 14. Uso, capacidade e recomendação de uso do solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).....	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. Degradação do solo e da água	17
2.2. Capacidade de uso do solo	18
2.3. Os solos do Estado de São Paulo e suas vulnerabilidades.....	19
2.4. Manejo conservacionista do solo e da água.....	21
3. OBJETIVOS.....	24
3.1. Objetivo Geral	24
3.2. Objetivos Específicos	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1. Caracterização da área de estudo	25
4.2. Mapa Base da Área de Estudo.....	30
4.3. Uso Atual.....	30
4.4. Avaliação do potencial das terras.....	30
4.4.1 Profundidade Efetiva	33
4.4.2 Textura	33
4.4.3 Permeabilidade	34
4.4.4 Declividade.....	35
4.4.5 Erosão	36
4.4.6 Fatores limitantes específicos	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1. Mapa Base	38
5.2. Uso Atual.....	39
5.3. Mapa de Solos	41
5.4. Profundidade Efetiva	46
5.5. Textura	46
5.6. Permeabilidade	49
5.7. Declividade.....	51
5.8. Erosão	53
5.9. Glebas Uniformes.....	55
5.10. Fatores Limitantes Específicos.....	56
5.11. Capacidade de Uso do Solo.....	56
5.12. Adequação de uso do solo.....	62
6. CONCLUSÃO	66
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

1. INTRODUÇÃO

A investigação da propensão natural de uso das terras é de suma importância, especialmente em ambientes sujeitos à intensa ação antrópica. Isso porque o uso sustentável dos recursos naturais é fundamental por razões cruciais para a sobrevivência e o bem-estar das atuais e futuras gerações, tais como o fornecimento de água e alimento, a estabilidade do clima e a resiliência perante a desastres naturais. A utilização adequada destes recursos requer a compreensão de seus potenciais e limitações, visando minimizar os impactos da ação antrópica.

Quando as condições de capacidade produtiva do solo não são levadas em consideração, sendo este utilizado de maneira inadequada, pode ocorrer a sua subutilização ou sobreutilização. Em casos de subutilização, o solo não é explorado em seu máximo potencial, o que resulta em ineficiência na produção agrícola. Já em casos de sobreutilização o cenário observado é de impactos severos tanto do ponto de vista socioeconômico quanto ambiental, incluindo erosão da camada superficial do solo, perda de nutrientes essenciais para a agricultura, redução da qualidade e produtividade das culturas, redução da capacidade de retenção e absorção de água do solo, além do assoreamento e a eutrofização de corpos d'água, entre outros problemas (Pereira *et al.*, 2009).

A erosão é a forma mais prejudicial de degradação do solo e reduz significativamente o potencial produtivo das culturas, além de acarretar sérios danos ambientais. Tais danos afetam não apenas o local de ocorrência da erosão, com elevadas perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e redução da qualidade os atributos químicos, físicos e biológicos do solo; como também os locais à jusante do processo erosivo, incluindo a poluição dos sistemas hídricos e a subsequente alteração dos ecossistemas aquáticos, bem como o assoreamento dos cursos de água (Cogo *et al.*, 2003; Barbosa *et al.*, 2015).

A interferência humana na natureza, inevitavelmente, resulta em degradação ambiental e, assim, o ponto crucial é manter essa degradação em um grau aceitável, de modo que as alterações causadas pela interferência humana não comprometam de forma significativa a integridade e a funcionalidade do ecossistema, a fim de permitir a sustentabilidade a longo prazo de processos ecológicos essenciais, como ciclagem de nutrientes, regulação do clima, biodiversidade e capacidade de regeneração (Norton, 2005). No caso do solo, isso só

pode ser alcançado por meio da adoção de um manejo condizente às potencialidades de uso das terras e da implementação de práticas conservacionistas.

O planejamento do uso da terra pode ser feito em diferentes níveis: nacional, regional ou local e, enfatizar diferentes aspectos: econômicos, sociais ou conservacionistas (Lepsch, 2018). Os planejamentos conservacionistas são realizados quando o uso do solo tem finalidade agrícola. Essa abordagem possibilita a gestão integrada dos recursos naturais - solo, água e vegetação -, além da formulação de estratégias adequadas para o manejo da área e definição de riscos futuros para a área em questão. Muitos projetos têm sido realizados na escala da propriedade agrícola (local), onde as práticas necessárias para controlar a erosão acelerada em solos submetidos à agricultura são enfatizadas (Rampim *et al.*, 2012; Nascimento *et al.*, 2017; Lepsch, 2018; Xavier *et al.*, 2021; Araújo, 2023). Há também estudos que abordam a determinação da capacidade de uso do solo no Brasil em bacias hidrográficas (Diel *et al.*, 2013; Silva, 2014; Tagliarini *et al.*, 2019).

Na maior parte do interior do estado de São Paulo, a influência humana ao longo da história tem estado ligada à expansão da agricultura, com ênfase nas culturas de cana-de-açúcar, citros e café, com a última tendo maior relevância nos séculos XIX e XX (Araújo e Nicoletta, 2018). A exploração intensiva mediante o estabelecimento dessas culturas tem o potencial de exceder facilmente os limites da sustentabilidade, resultando em danos irreversíveis aos recursos naturais, como a degradação do solo, a perda de biodiversidade e a escassez de água.

As pesquisas desenvolvidas até o momento atestam a importância destas análises para a sustentabilidade da agricultura na região. Com cerca de 70% de área total destinada ao cultivo de cana-de-açúcar, Pinheiro *et al.* (2017) avaliaram a aptidão agrícola das terras na Microbacia Hidrográfica do Ceveiro, Piracicaba, SP, e identificaram sobreutilização em 49,16% da área, observando situação de degradação das terras pelo uso intensivo. Na mesma área, estimou-se perdas anuais de solo da ordem de 58 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ nas áreas ocupadas por cana-de-açúcar (Weill e Sparovek, 2008), quatro vezes maior que o limite superior de tolerância admitido para as classes de solos avaliadas, conforme definido por Lombardi Neto & Bertoni (1975).

Uma avaliação dos potenciais riscos de degradação dos recursos hídricos em uma bacia ocupada majoritariamente por cana-de-açúcar e citros, no município de Limeira, SP, revelou que 10,8% da área apresentava um alto risco de degradação, consequência da combinação entre um elevado potencial natural de erosão e a

sobreutilização do solo, além da adoção de práticas de manejo inadequadas (Brandão, 2001). Essa análise abrangeu a utilização de dados relacionados aos solos, uso da terra, avaliação do potencial natural de erosão, aptidão agrícola das terras e o manejo adotado pelos produtores. O diagnóstico obtido serviu como base para a elaboração de propostas de gerenciamento dos Recursos Hídricos no manejo da bacia hidrográfica.

O Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), *campus* Araras, possui sua origem enraizada no contexto histórico do município onde está localizado. De acordo com Henriques e Moraes (2015), o centro existe desde 1991, porém as atividades agrícolas na área tiveram início muito antes, pois até 1953 existia ali a Fazenda Santa Escolástica, com produção que se concentrava em café e cana-de-açúcar. Neste ano, a fazenda foi adquirida pela Prefeitura Municipal e logo em seguida transferida para o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) (Norder e Poyares, 2021), tornando-se uma estação experimental, com amplo cultivo de cana-de-açúcar. Dando continuidade às pesquisas com esta cultura, foi implantado o Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (PMGCA) da UFSCar com o objetivo de desenvolver variedades de cana-de-açúcar melhoradas e adaptadas às diversas condições edafoclimáticas brasileiras (PMGCA, 2023). A cultura da cana-de-açúcar ainda predomina em grande parte da área do *campus*, excetuando-se pequenas áreas de horticultura, silvicultura, pastagens e um fragmento de floresta estacional semidecidual (CCA, 2023).

Nesse contexto, a realização de estudos de avaliação da capacidade de uso do solo assume um papel fundamental como elemento de apoio às políticas de planejamento e desenvolvimento rural, alinhadas com a perspectiva da sustentabilidade. A avaliação do potencial agrícola das terras, considerando o nível e o tipo de tratamento que estão sendo dados à área, requer um banco de dados completo com informações técnicas referentes aos mais diferentes aspectos envolvidos. Com um histórico de várias décadas de uso agrícola intensivo e cultivando majoritariamente a cultura da cana-de-açúcar, o Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar) ainda carece de um plano de uso de terras com fins agrícolas, sendo este o motivador principal para este trabalho, uma vez que enquanto universidade, o centro deve ser um exemplo para produtores rurais e profissionais das ciências agrárias.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Degradação do solo e da água

É evidente que o recurso natural solo é essencial para as atividades humanas e a sobrevivência dos ecossistemas. Ele é a base das atividades agrícolas, garantindo a obtenção de alimento, tanto de origem animal quanto vegetal, madeira, fibras, combustíveis, entre outros itens essenciais para a sociedade. No entanto, sabe-se que este recurso multifuncional é degradável, limitado e finito (Bertol *et al.*, 2016), ainda que sejam necessários milhares de anos para a sua formação, alguns meses sob manejo inadequado são suficientes para sua degradação (Martins e Fernandes, 2017).

De modo similar, a água possui importância imensurável, sendo suporte essencial para a vida, além de exercer um papel fundamental nas principais atividades econômicas, como geração de energia, navegação, irrigação, criação animal e processos industriais. De acordo com Silva e Pereira (2019), apenas 0,3% da água doce do mundo encontra-se na superfície, distribuída de maneira irregular entre rios, lagos e reservatórios pelo planeta, concentrando-se em áreas de elevada precipitação, como a Amazônia, regiões do norte da África e da Península Arábica. Em razão desta baixa disponibilidade, há uma emergência de conscientização sobre a conservação deste recurso, que vem sendo gravemente degradado pelas ações antrópicas.

A erosão é considerada a principal e mais disseminada forma de degradação do solo e da água, sendo intensificada pela ação antrópica que altera o equilíbrio natural entre as taxas de formação e erosão dos solos devido à sua sobreutilização (Brady e Weil, 2013). Este processo envolve a remoção ou desprendimento da camada superficial do solo, seja pela água, caracterizando a erosão hídrica quando o agente erosivo é a precipitação pluviométrica, ou pelo vento, denominada erosão eólica (Martins e Fernandes, 2017).

A energia de impacto da água das chuvas sobre o solo, quando descoberto e/ou fisicamente degradado, atua na desagregação e transporte de partículas. Essas partículas são depositadas em mananciais d'água, como nascentes, rios, lagos e represas, acarretando o seu assoreamento (Guadagnin *et al.*, 2005; Favaretto *et al.*, 2006; Bertol *et al.*, 2016).

A erosão hídrica ocasiona ainda a perda de nutrientes (Volk *et al.*, 2004;

Guadagnin *et al.*, 2005; Favaretto *et al.*, 2006) reduzindo a produtividade agrícola pelo empobrecimento do solo, o que resulta em insustentabilidade econômica dos agroecossistemas. Além disso, pode provocar a eutrofização dos corpos d'água nos quais os sedimentos são depositados, devido à alta concentração de nutrientes solúveis, principalmente nitrogênio e fósforo. De acordo com Figueirêdo *et al.* (2007), vários reservatórios e lagos ao redor do mundo já perderam sua capacidade de abastecimento, manutenção da biodiversidade e recreação devido à eutrofização.

De acordo com Pes e Giacomini (2017), a erosão hídrica pode manifestar-se de três maneiras distintas: laminar, em sulcos ou em voçorocas. A erosão laminar ocorre quando há a desagregação e o deslocamento superficial das partículas de solo, sem a formação de sulcos ou com a criação de sulcos muito rasos. Já a erosão em sulcos resulta na formação de fissuras mais profundas, enquanto a erosão em voçorocas se caracteriza pelo aprofundamento de sulcos já existentes, representando uma fase avançada da erosão em sulcos.

2.2. Capacidade de uso do solo

Apesar dos significativos avanços na ciência e tecnologia, a gestão sustentável dos solos permanece como um considerável obstáculo para a sociedade. De acordo com a FAO (2021), 34% dos solos do planeta encontram-se em estado de degradação, evidenciando problemas com erosão, esgotamento de nutrientes e aumento da salinidade. Para assegurar a utilização adequada do recurso solo é necessário um planejamento racional. Esse planejamento deve considerar o desenvolvimento de atividades alinhadas às potencialidades e limitações do solo, clima e relevo. Dessa forma, é possível antecipar a adaptabilidade dos solos para diversas culturas, pastagens e reflorestamento, bem como compreender o comportamento e a produtividade sob diferentes sistemas de manejo (Farsolo, 1990; Campos *et al.*, 2010).

O primeiro sistema de classificação de capacidade de uso do solo foi desenvolvido por Klingebiel e Montgomery (1961) para o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), visando a mitigação da degradação em fazendas familiares do país. Esse primeiro sistema serviu como base para diversos outros métodos de avaliação de terras, dentre eles, o Sistema de Capacidade de Uso da Terra, adaptado para as condições brasileiras por Lepsch *et al.* (1991).

Dada a necessidade de engenheiros agrônomos conservacionistas

brasileiros por um sistema de classificação especificamente relacionado ao planejamento das práticas de conservação do solo, iniciaram-se os trabalhos para a construção do Sistema de Capacidade de Uso da Terra, dando origem à primeira aproximação com o Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso da Terra em 1957 (Lepsch *et al.*, 1991).

Na sua quarta aproximação, em metodologia proposta por Lepsch *et al.* (1991), são consideradas características do solo, clima e relevo para a classificação da terra. Os autores enfatizam que essa classificação não se limita apenas às características do solo, mas também leva em conta sua localização geográfica, relevo, vegetação, tipos e grau de erosão, clima, infraestrutura e condições socioeconômicas. Nessa classificação, a capacidade de uso da terra é definida por sua adaptabilidade a diferentes fins, como cultivos anuais, perenes, pastagens, silvicultura, reflorestamento ou preservação da vida silvestre, recomendando práticas que evitem a sobreutilização e redução da qualidade do solo. O Sistema de Capacidade de Uso da Terra é recomendado para orientar o planejamento de práticas de conservação de solo em pequenas propriedades rurais, empresas agrícolas e pequenas bacias hidrográficas, principalmente em regiões tropicais, como o Brasil e outros países com características semelhantes.

De acordo com Lepsch *et al.* (1991), “a determinação da capacidade de uso da terra é uma poderosa ferramenta”, porque considera um grande número de características das propriedades, voltando-se para as possibilidades e limitações de utilização e fornecendo um aporte simples e prático para o planejamento de uso.

2.3. Os solos do estado de São Paulo e suas vulnerabilidades

O entendimento do histórico de uso e ocupação do solo do estado de São Paulo, bem como suas vulnerabilidades, é essencial para a elaboração de políticas públicas e orientação do manejo, visando a mitigação de perdas e maximização da eficiência do uso.

Nesse contexto, Rossi *et al.* (2022) atualizaram o mapa pedológico do estado, concluindo que os solos se distribuem em, Argissolos: Amarelos (0,10%), Acinzentados (0,001%), Vermelhos (6,42%) e Vermelho-Amarelos (31,01%); Cambissolos: Húmicos (0,36%) e Háplicos (7,14%); Chernossolos Argilúvicos (0,04%); Espodossolos Humilúvicos (0,35%); Gleissolos: Melânicos (0,48%), Tiomórficos (0,04%), Háplicos (1,56%) e Sállicos (0,07%); Latossolos: Amarelos

(1,30%), Brunos (0,04%), Vermelhos (28,84%) e Vermelho-Amarelos (7,86%); Luvisolos Háplicos (0,03%); Neossolos: Litólicos (3,08%), Quartzarênicos (2,34%), Regolíticos (0,33%) e Flúvicos (0,44%); Nitossolos Vermelhos (1,47%); Organossolos: Tiomórficos (0,15%) e Háplicos (0,67%); Planossolos Háplicos (0,30%) e Plintossolos Pétricos (0,004%), além da classe de Afloramento Rochoso (0,21%). Conforme os autores, 2,98% do território do estado é composto por áreas urbanas, 2,33% por massas d'água (rios e lagoas) e 0,04% por áreas de mineração.

Segundo Rossi *et al.* (2022), as subclasses de solo do estado de São Paulo estão correlacionadas às incisões erosivas observadas por IPT (2012) neste território, com o predomínio de incisões nos Argissolos Vermelho-Amarelos (67,5%), seguidos pelos Latossolos Vermelhos (10%) e Latossolos Vermelho-Amarelos (9%). Os autores também definiram as classes de erodibilidade para o estado, levando em consideração as classes e subclasses de solo, concluindo que 39,32% do território possui alta ou muito alta susceptibilidade à erosão. A relação entre as subclasses de solo e as incisões erosivas, destacada por Rossi *et al.* (2022) evidencia a importância de considerar não apenas a composição do solo, mas também as interações dinâmicas que moldam a paisagem. O mapeamento das classes de erodibilidade reforça a necessidade de atenção especial em áreas com alta susceptibilidade à erosão, orientando ações de conservação e manejo sustentável do solo.

Geologicamente, o município de Araras (SP) está localizado na bacia do Paraná, abrigando rochas sedimentares que variam de arenitos (Formação Palermo), argilitos (Formação Corumbataí), argilitos, siltitos e calcários (Formação Iratí), além de rochas basálticas (Formação Serra Geral) (Tôsto, 2010). De acordo com Tôsto (2010), que elaborou o Mapa de Solos do Município de Araras (SP) com base em dados obtidos do Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo (Oliveira *et al.*, 1982), os solos do município dividem-se em Latossolos: Vermelhos e Amarelos; Argissolos Vermelhos-Amarelos e Nitossolos, além de solos hidromórficos, que são aqueles que apresentam grande umidade por estarem localizados próximos a rios e lagos.

Tôsto (2010) avaliou ainda a capacidade de uso do solo do município, concluindo que 3,55% do território está sobreutilizado, enquanto 18,87% encontra-se em estado de subutilização. Estes dados justificam a necessidade de readequação da utilização das terras, com destaque na área sobreutilizada, que corre riscos de grave degradação do solo. Tosto *et al.* (2010) mapearam as taxas de perda de solo no

município e observaram, mesmo que em pequenas áreas, as taxas de erosão alcançando até $120 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. As maiores taxas concentram-se no cultivo de cana-de-açúcar queimada, com média de $14,88 \text{ Mg ha}^{-1}$ de solo perdidas ao ano, seguido das culturas anuais (soja e milho), com perdas de $14,40 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

No contexto específico do município de Araras (SP), o uso do solo, como identificado por Tôsto (2010), adiciona uma camada de complexidade à compreensão da dinâmica edáfica do solo, além das características pedológicas. A identificação de áreas sobreutilizadas e subutilizadas e o mapeamento das taxas de perda de solo ressaltam a necessidade de abordagens específicas em setores como o cultivo de cana-de-açúcar, de forma a contribuir para uma gestão conservacionista dessas áreas.

Por fim, a integração dessas informações proporciona um quadro abrangente e multifacetado do estado de São Paulo e do município de Araras, orientando ações futuras no que tange o manejo sustentável dos recursos naturais, principalmente do solo e da água. Este entendimento aprofundado é essencial para garantir a resiliência dos ecossistemas, a segurança alimentar e a preservação dos recursos hídricos, fundamentais para o desenvolvimento sustentável da região.

2.4. Manejo conservacionista do solo e da água

O combate ao uso inadequado do solo é necessário para a recuperação e preservação dos ecossistemas, passando pela implementação de uma agricultura conservacionista e sustentável. Segundo Brady e Weil (2013), os solos desempenham um papel crucial na autorregulação do planeta pois, quando realizado o manejo adequado, é possível atenuar o aumento do CO_2 atmosférico, além de contribuir para a melhora da qualidade do solo e consequente ganho na produtividade agrícola. Essa melhoria depende de um manejo que promova um aumento gradual nos teores de matéria orgânica e evite perdas de solo, aproximando-se das condições naturais do solo. Para Bertol *et al.* (2016), deve-se adotar um caráter sistêmico para as ações de manejo e conservação do solo e da água, de modo que haja uma integração entre as tecnologias conservacionistas aplicadas, o espaço geográfico da intervenção e os agentes que aplicarão tais ações.

No Brasil, os primeiros esforços direcionados à preservação do solo e da água foram centrados em práticas mecânicas, que incluíam o terraceamento, a construção de curvas de nível e canais escoadouros e o plantio em nível ou em faixas

(Sobral Filho *et al.*, 1982 *apud* Prado *et al.*, 2010). No entanto, Vieira (1994) afirma que essas práticas se mostraram ineficientes no controle da erosão, sendo necessárias novas técnicas que melhorassem as características físicas, químicas e biológicas dos solos, afetando diretamente sua qualidade.

Na década de 1970, o Sistema Plantio Direto (SPD) começou a ser implantado no país como uma alternativa para a redução da erosão. O sistema consiste no manejo sem revolvimento do solo e com alto aporte de resíduos vegetais, no qual o solo permanecerá o ano todo coberto, seja com cultivos ou com palhada, podendo ela ser de plantas de cobertura ou resíduos dos cultivos que depositados sobre o solo formam um *mulching* (Pragana *et al.*, 2012; Guimarães *et al.*, 2023). Os principais objetivos do *mulching* são mitigar a evaporação e a erosão hídrica, uma vez que esta cobertura protege o solo do impacto das gotas de chuva ou irrigação, preservando os seus agregados e promovendo uma melhor infiltração desta água no solo. De acordo com Carvalho e Freitas (2008), o *mulching* pode reduzir em até 70% as enxurradas e 90% a perda de solo por erosão. Panachuki *et al.* (2011) afirmam que “a presença da cobertura do solo por resíduos vegetais é o fator mais importante na dissipação da energia de impacto das gotas da chuva na superfície do solo”, destacando seu potencial para evitar a desagregação das partículas de solo.

A adoção do SPD promove ainda uma alteração na dinâmica do carbono no solo, uma vez que esse sistema de manejo desacelera a mineralização e decomposição da matéria orgânica do solo (MOS), resultando em uma maior quantidade de C estocado no solo e menor taxa de emissão de CO₂ para a atmosfera (Carvalho *et al.*, 2009).

No entanto, Prado *et al.* (2010) destacam que o SPD aplicado no Brasil não é executado conforme preconizado, uma vez que a maior parte das áreas mantém menos que 40% do solo coberto por palhada. Segundo os autores, a fragilização da assistência técnica e da extensão rural justificam as dificuldades na execução de práticas conservacionistas, uma vez que grande parte dos produtores não possuem conhecimento sobre o planejamento de tais ações. No caso dos grãos, 80% dos 33 milhões de hectares plantados no país (safra 2022/2023) são declarados como SPD mas, na verdade, em apenas 20% todos os três pilares do SPD são respeitados: ausência de revolvimento do solo, rotação de culturas e cobertura permanente com palha (Secretaria de Agricultura de Minas Gerais, 2022).

Denardin *et al.* (2012) apontam a diversificação de culturas como premissa

técnica obrigatória do PD, pois este depende da elevada produção anual de material orgânico. Stone e Silveira (2001) explicam que o PD quando acompanhado da prática de rotação de culturas oferece maior eficácia na conservação do solo em razão da inclusão de espécies com sistema radicular agressivo e pelos aportes diferenciados de matéria seca, que também podem promover alterações nas propriedades físicas do solo. Barbosa *et al.* (2023) definem a rotação de culturas como a alternância ordenada de diferentes culturas numa mesma área ao longo das estações do ano com o objetivo de otimizar a utilização do solo, ampliar a produtividade e melhorar sua qualidade, na medida que os riscos de pragas, doenças e esgotamento dos nutrientes são reduzidos.

O terraceamento também é uma prática que pode ser adotada como complementar ao plantio direto, com o objetivo de manejar o escoamento da água das chuvas, controlando a erosão hídrica como consequência (Bassani *et al.*, 2023). Essa técnica consiste na construção de diques com canal transversal ao sentido da maior declividade do terreno, cuja finalidade é parcelar o lançante, diminuindo assim, a velocidade de escoamento (Back *et al.*, 2021).

No caso dos Sistemas Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), a proposta é promissora, pois, ao incorporar o componente arbóreo às pastagens e às lavouras, envolvendo sistemas produtivos diversificados, pode contribuir para a conservação dos recursos hídricos e edáficos (Balbino *et al.*, 2012). Conforme mencionado por Macedo (2009), o monocultivo e práticas culturais inadequadas têm gerado intensa degradação dos solos e dos recursos naturais, além da diminuição na produtividade e propagação de pragas e doenças. Desta forma, a adesão a um sistema ILPF possibilita um manejo conservacionista e sustentável dos recursos naturais. A implementação de sistemas integrados como o ILPF emerge como uma estratégia viável para enfrentar esses desafios, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis e resilientes.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

O presente trabalho objetivou realizar a classificação da Capacidade de Uso do Solo no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), *campus* Araras.

3.2. Objetivos Específicos

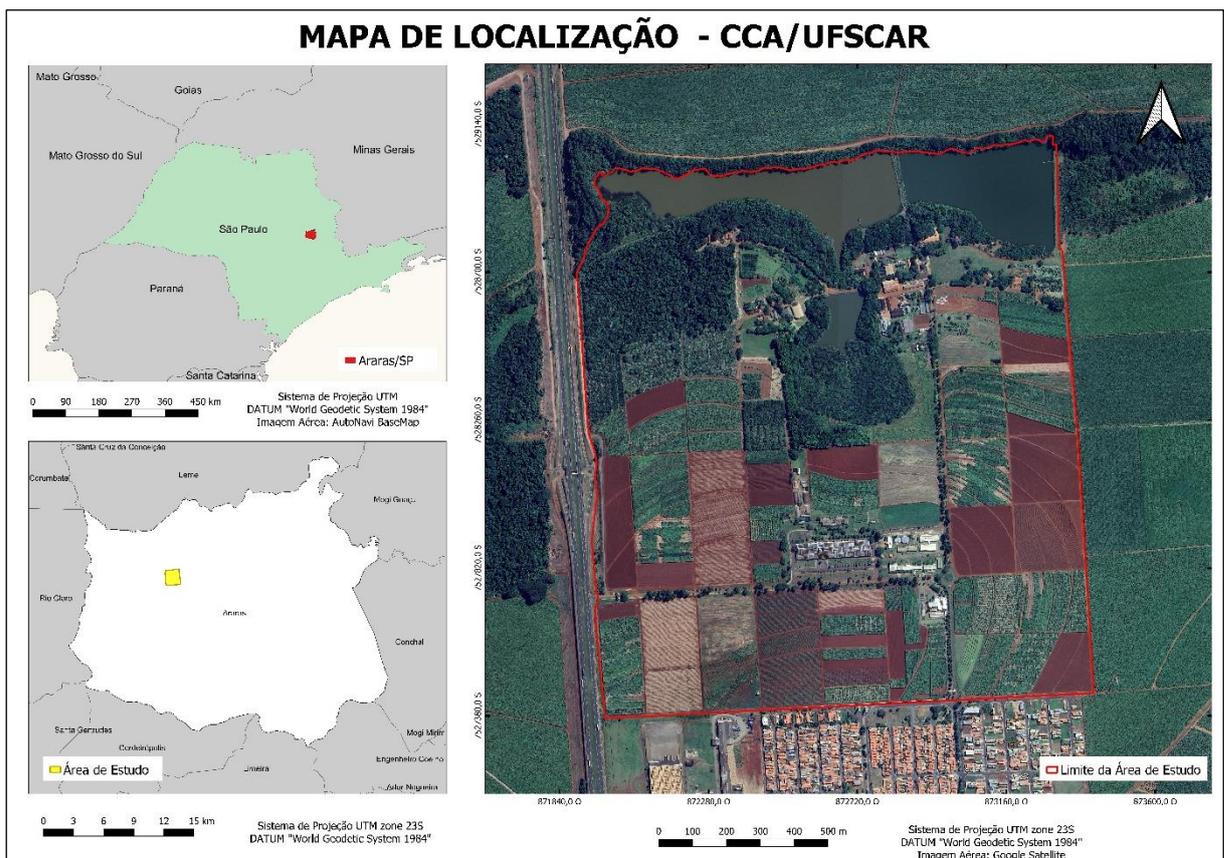
- Realizar o levantamento do meio físico do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar, *campus* Araras.
- Analisar a adequação do uso quanto à sustentabilidade de uso e manejo adotado no *campus*.
- A partir das análises, verificar a necessidade da adoção de medidas conservacionistas e definir aquelas mais adequadas ao *campus* em termos de viabilidade técnica e econômica.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

Localizado no município de Araras, SP, o Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar) ($22^{\circ}21'28''$ Sul, $47^{\circ}23'60''$ Oeste, altitude de 640 m) possui área de 232,42 ha (Figura 1). De acordo com o sistema de classificação de Köppen, o clima do município é do tipo Cwa, com verão quente e úmido e inverno seco (Kottek *et al.*, 2006), apresentando temperatura média anual de $21,4^{\circ}\text{C}$, com mínima de $17,7^{\circ}\text{C}$ no mês de julho e máxima de 24°C no mês de fevereiro. A precipitação anual média é de 1.441 mm, com período de estiagem entre os meses de abril e outubro (Valladares *et al.*, 2008).

Figura 1. Mapa de Localização do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).



Fonte: Elaborado pela autora

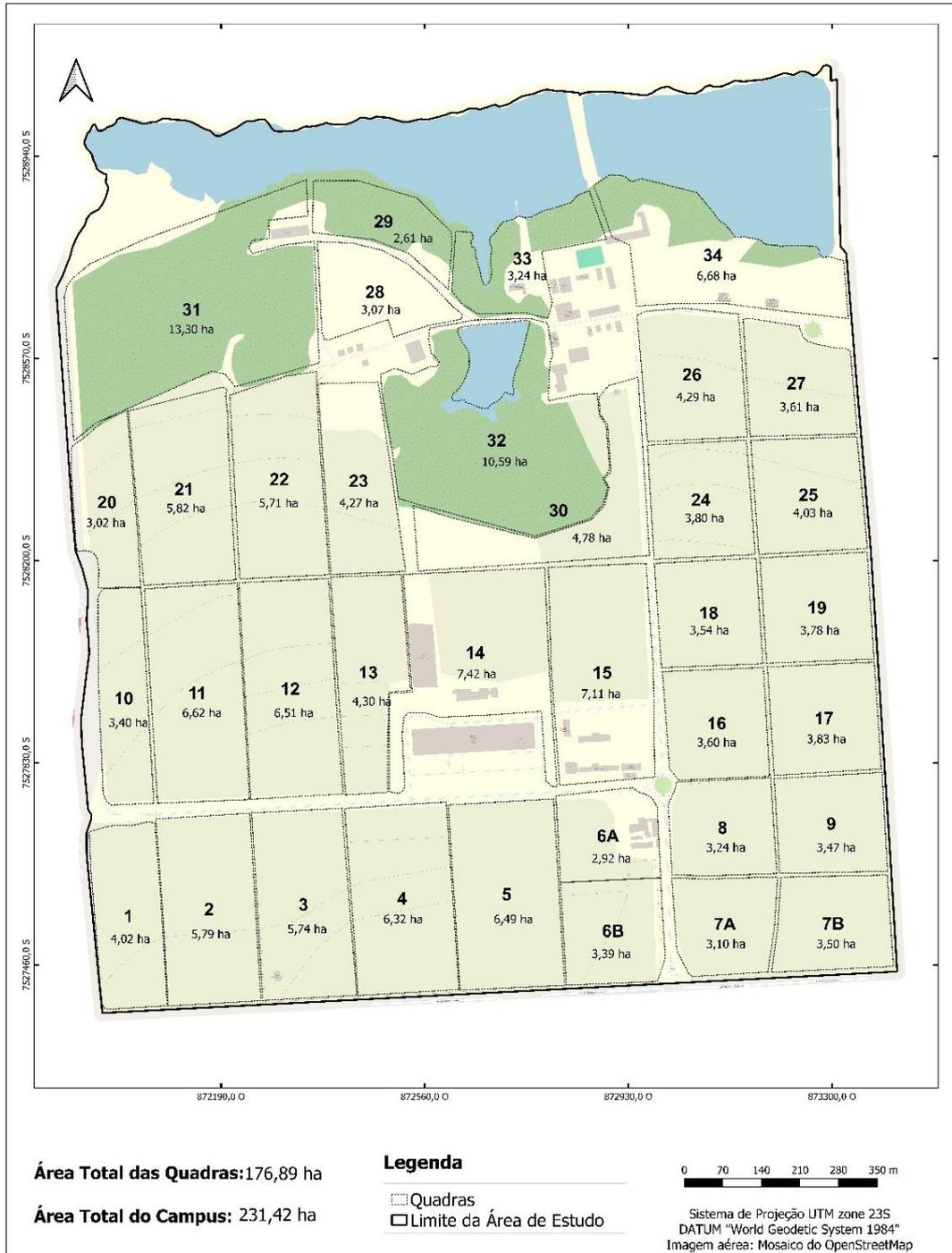
A formação florestal da região é predominantemente composta por Floresta Estacional Semidecidual (SIFESP, 2009; IBGE, 2012). No entanto, esta se apresenta em poucos fragmentos, resultado de ações antrópicas que causaram a destruição da flora original ao longo dos anos e modificaram o uso da terra no município, conforme descrito por Almeida *et al.* (2006) e Bernardelli e Lupinacci (2010).

Até 1953 a área foi uma fazenda produtora de café e posteriormente ocupada por cana-de-açúcar, cultura amplamente estimulada com a criação do Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (PLANALSUCAR) em 1971. Uma das coordenadorias regionais do programa (Instituto do Açúcar e do Alcool - IAA) foi instalada na área onde hoje é o *campus*, atuando até 1990, quando foi incorporada à UFSCar. Dando continuidade às pesquisas com esta cultura, foi implantado o Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (PMGCA) da UFSCar com o objetivo de desenvolver variedades de cana-de-açúcar melhoradas e adaptadas às diversas condições edafoclimáticas brasileiras (PMGCA, 2023). A cultura da cana-de-açúcar ainda predomina em grande parte da área do *campus*, excetuando-se pequenas áreas de horticultura, silvicultura, pastagens e um fragmento de floresta estacional semidecidual (CCA, 2023).

O levantamento detalhado de solos do *campus* foi realizado por Lima Filho (2000), sendo executado por quadras, cuja área total é de 176,89 ha¹ (Figura 2). Nas tabelas 1 e 2 são apresentados os atributos físicos e químicos das classes de solo presentes: Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho e Argissolo Vermelho. As unidades de mapeamento, definidas segundo o critério dos atributos do solo e atualizadas de acordo com a última revisão do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2018), são apresentadas na Figura 2. Para as quadras 32, 33 e 34, correspondentes a 8,86% da área total das quadras (20,51 ha) e não classificadas por Lima Filho (2000), utilizou-se a o Mapeamento digital de atributos e classes de solos do CCA, realizado por Yoshida e Stolf (2016).

¹ Área total das quadras que compõem o levantamento de solos do *campus*, excluindo-se regiões pavimentadas e estradas de terra.

Figura 2. Centro de Ciências Agrárias da UFSCar (CCA/UFSCar) subdividido em quadras com suas respectivas áreas (ha).



Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 1. Atributos físicos dos horizontes diagnósticos representativos das classes de solo, por conjunto de quadras, do CCA-UFSCar.

Quadras	Solo	Horizonte	Argila (%)	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Areia Total (%)	Silte (%)	P (m)
1, 2, 3, 4	LVdf	Ap	55	6	10	16	29	<2
		Bw2	67	3	8	11	22	
10, 11, 12	LVdf	Ap	48	12	14	26	26	2,11
		Bw2	66	9	13	22	12	
20, 21, 22, 23, 28, 29	NVdf	Ap	49	14	23	37	14	1,53
		Bt1	63	9	16	25	12	
30	NVef	A	50	8	13	21	29	2,14
		Bt2	56	10	19	29	15	
31	NVdf	A	50	5	12	17	33	1,67
		Bt2	67	8	16	24	9	
5, 6A, 6B	NVdf	Ap	61	8	11	20	19	2,10
		Bw2	61	7	9	16	23	
13, 14, 15	LVd	Ap	60	10	11	19	21	2,04
		Bw2	57	12	15	27	16	
7A, 7B, 8, 9, 16, 17, 18, 19	PVd	Ap	52	19	16	13	35	2,23
		Bt2	66	11	14	25	9	
24, 25, 26, 27	PVd	Ap	49	15	20	16	35	2,08
		Bt	71	7	13	20	9	
**32, 33	--	--	--	--	--	--	--	--
*34	PVd	--	49	15	20	16	35	--
		--	71	7	13	20	9	

Fonte: Levantamento pedológico detalhado do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFSCar (Lima Filho, 2000).

*Valores não disponíveis em Lima Filho (2000) e aproximados de Yoshida e Stolf (2016).

**Sem classificação por Lima Filho (2000) e Yoshida e Stolf (2016).

P: Profundidade efetiva do solo

Tabela 2. Atributos químicos dos horizontes diagnósticos representativos das classes de solo, por conjunto de quadras, do CCA-UFSCar.

Quadras	Horizonte	pH	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K mmol _c dm ³	m (%)	SB ----- mmol _c dm ³ -----	H+Al mmol _c dm ³	Al mmol _c dm ³	CTC -----	V (%)
1, 2, 3, 4	Ap	6,4	24	34	2,6	1,81	44	25	0,3	69,0	64
	Bw2	6,5	8	5	0,3		15	19	0,3	34,0	45
10, 11, 12	Ap	6,3	30	8	1,3	1,66	59	28	0,3	87,3	68
	Bw2	6,0	13	1	0,3		12	20	0,3	32,3	38
20, 21, 22, 23, 28, 29	Ap	5,3	24	4	0,9	7,19	17	33	5,0	49,9	34
	Bt1	5,6	11	4	0,7		22	24	2,1	45,7	47
30	A	7,2	30	8	1,6	1,16	78	19	0,5	96,6	80
	Bt2	6,5	16	3	2,5		37	28	0,4	64,5	57
31	A	6,0	43	7	2,4	7,03	59	25	0,5	84,4	70
	Bt2	5,5	10	3	0,8		15	22	1,4	36,8	40
5, 6A, 6B	Ap	6,5	16	1	0,5	2,68	23	18	0,3	40,5	56
	Bw2	6,7	8	1	0,6		11	13	0,3	23,6	45
13, 14, 15	Ap	4,9	19	1	0,8	3,97	22	55	5,3	76,8	28
	Bw2	5,2	19	1	2,1		28	47	2,0	75,1	37
7A, 7B, 8, 9, 16, 17, 18, 19	Ap	6,3	30	5	2,0	2,84	49	31	0,3	80,0	61
	Bt2	5,7	13	1	0,3		17	28	0,5	45,3	38
24, 25, 26, 27	Ap	5,9	27	2	0,7	0,87	48	36	0,8	83,7	57
	Bt	6,3	14	1	0,4		29	20	0,3	54,4	63
**32, 33, 34	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	--	--	--	--	--		--	--	--	--	--

Fonte: Levantamento pedológico detalhado do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFSCar (LIMA FILHO, 2000). **Valores não disponíveis em Lima Filho (2000) e Yoshida e Stolf (2016).

4.2. Mapa Base da Área de Estudo

Lepsch *et al.* (1991) destacam que os mapas ocupam um espaço de extrema importância na determinação da capacidade de uso das terras por retratarem os aspectos-base para o dimensionamento e elaboração do plano conservacionista. O mapa base é o mapa que orienta e sustenta a elaboração dos mapas do levantamento do meio físico (mapa de solo, de classes de declividade e de uso atual) e o mapa de capacidade de uso.

O mapa base da área de estudo foi elaborado no *software* QGIS versão 3.22.11 a fim de detalhar o espaço e infraestrutura do *campus*, indicando a localização de edificações, vias pavimentadas, cursos e reservatórios d'água e área cultivável. Para sua elaboração foram utilizados o levantamento planialtimétrico do *campus*, sob encargo da Prefeitura do CCA, e a imagem aérea do *campus* (Zenero *et al.*, 2017), com resolução espacial de 7 cm.

4.3. Uso Atual

O uso atual do solo foi determinado por fotointerpretação de imagens do mosaico do *Google Earth* dos últimos cinco anos e da imagem aérea do *campus* (Zenero *et al.*, 2017). Em casos de dúvida na fotointerpretação foram realizadas consultas aleatórias com estudantes e docentes, além da consulta em materiais de aulas de campo (acervo pessoal).

4.4. Avaliação do potencial das terras

No contexto da avaliação do potencial das terras, para este estudo optou-se por adotar o Sistema de Capacidade de Uso (Lepsch *et al.*, 1991), escolha essa que se embasa no grau de detalhamento das informações fundamentais disponíveis, como solo, relevo, uso e clima, bem como a intenção de abordar de forma mais abrangente o aspecto da conservação das terras.

A classificação proposta por Lepsch *et al.* (1991) é baseada em características permanentes, como a declividade e as unidades pedológicas. Trata-se de um sistema hierarquizado no qual os grupos constituem categorias de nível mais elevado, estabelecidos com base na maior ou menor intensidade de uso das terras, designados, em ordem decrescente, pelas letras A, B e C. Os grupos são estruturados em oito classes principais, que são divididas em subclasses.

- **Grupo A:** terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre (comporta as classes I, II, III e IV);

- **Grupo B:** terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre (comporta as classes V, VI e VII);

- **Grupo C:** terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água (comporta a classe VIII).

As classes são dispostas de forma decrescente em termos de intensidade de uso, indo da classe I até a classe VIII, e nelas são agrupadas terras com o mesmo grau de limitação (Figura 3). Deste modo, as práticas de conservação do solo aplicadas em áreas de uma mesma classe serão similares.

Figura 3. Resumo da variação do tipo e da intensidade máxima de utilização da terra sem risco da erosão acelerada em função das classes de capacidade de uso.

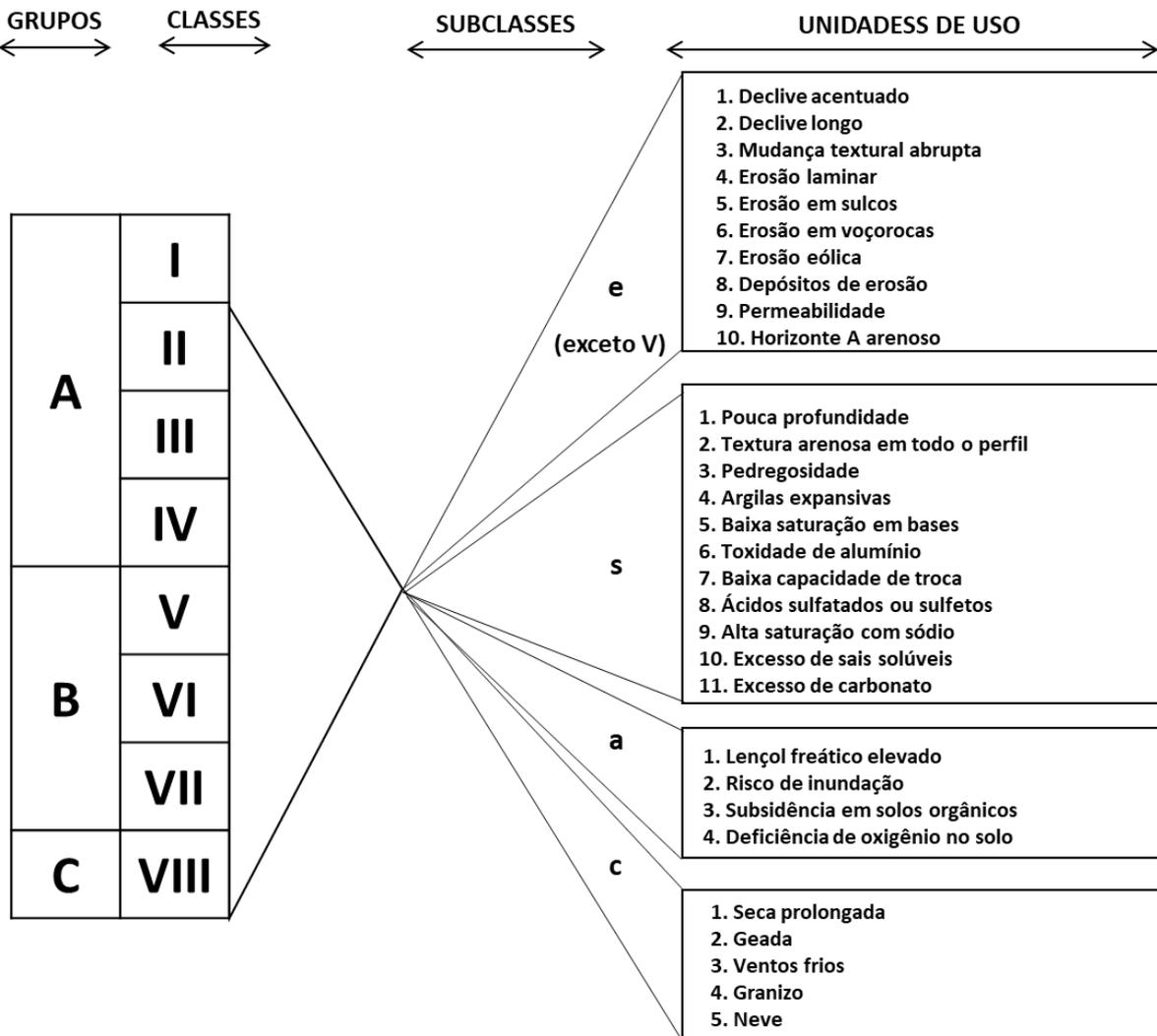
SENTIDO DAS APTIDÕES E DAS LIMITAÇÕES	CLASSE DE CAPACIDADE DE USO	SENTIDO DO AUMENTO DA INTENSIDADE DE USO							
		VIDA SILVESTRE E RECREAÇÃO	SILVICULTURA E PASTOREIO			CULTIVO OCASIONAL OU LIMITADO	CULTIVO INTENSIVO		
			LIMITADO	MODERADO	INTENSIVO		COMPLEXO	SIMPLES	NÃO APARENTE
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">AUMENTO DAS LIMITAÇÕES E DOS RISCOS DE EROSIÃO E DEGRADAÇÃO</p> <p style="font-size: 2em;">↓</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">AUMENTO DA ADAPTABILIDADE E DA LIBERDADE DE ESCOLHA DE USO</p> <p style="font-size: 2em;">↑</p> </div> </div>	I								
	II								
	III								
	IV								
	V								
	VI								
	VII								
	VIII								

Fonte: Lepsch *et al.* (1991)

As classes são ainda subdivididas em subclasses, definidas em função da natureza da limitação, de modo a explicitar as práticas ou grupos de práticas conservacionistas a serem aplicadas. Estas são representadas por letras minúsculas (e, s, a, c) e aparecem após o número romano referente à classe. A Figura 4 apresenta

um esquema de grupo, classe e subclasse, explicando o principal fator limitante de cada uma delas (unidades de uso).

Figura 4. Esquema dos grupos, classes, subclasses e unidades de capacidade de USO.



Fonte: Lepsch *et al.* (1991)

Para a aplicação do Sistema de Capacidade de Uso do Solo, inicialmente a área de estudo foi dividida em glebas uniformes, considerando-se os atributos de declividade e classes de solo. Em seguida, foi efetuado o levantamento do meio físico a partir das informações dos atributos morfológicos, físicos e químicos dos solos disponibilizadas no levantamento pedológico detalhado (escala $\geq 1:20.000$) do CCA (Lima Filho, 2000), do levantamento planialtimétrico ultradetalhado (escala 1:2.000) e observações de campo: escoamento superficial, erosão, risco de inundação e seca.

A partir do levantamento do meio físico, as informações diagnósticas mais importantes de cada gleba foram dispostas em uma sequência específica conhecida como fórmula. Esta não possui significado matemático, uma vez que sua finalidade é a de apresentar as características listadas de forma padronizada. Neste trabalho foi utilizada a fórmula obrigatória:

Profundidade efetiva – textura – permeabilidade fatores limitantes – uso atual
Declividade – erosão

4.4.1 Profundidade Efetiva

A profundidade efetiva do solo relaciona-se à facilidade de desenvolvimento radicular, ou seja, a espessura máxima do solo favorável ao crescimento de raízes. Esta característica foi determinada com base na descrição morfológica dos perfis de solo disponibilizadas no levantamento pedológico detalhado do CCA (Lima Filho, 2000) e classificada segundo Lepsch *et al.* (1991), conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3. Índices de profundidade efetiva do solo.

Índice	Descrição	Profundidade	Classe de Capacidade de Uso
0	Não identificada	--	--
1	Muito profundos	Maior que 2 m	I
2	Profundos	1 a 2 m	I
3	Moderadamente profundos	0,5 a 1 m	II
4	Rasos	0,25 a 0,5 m	IV
5	Muito rasos	Menor que 0,25 m	VI

Fonte: Lepsch *et al.* (1991)

4.4.2 Textura

As informações de textura foram obtidas a partir da consulta ao levantamento pedológico detalhado do CCA (Lima Filho, 2000). A classificação do grupamento textural de cada tipo de solo foi definida conforme a tabela 4.

Tabela 4. Grupamentos texturais do solo.

Índice	Textura	Grau	Classe de Capacidade de Uso
0	Não identificado	--	--
1	Muito argilosa	Teor de argila superior a 60%	III
2	Argilosa	Teor de argila entre 35 e 60%	II
3	Média	Teores de argila inferior a 35%, de areia superior a 15% e de silte menor que 50%	I
4	Siltosa	Teores de silte superior a 50%, de argila inferior a 35% e areia menor que 15%	VI
5	Arenosa	Teores de argila inferior a 15% e de areia superior a 70%	VII

Fonte: Lepsch *et al.* (1991)

4.4.3 Permeabilidade

A permeabilidade do solo foi determinada para os horizontes superficial e subsuperficial a partir da análise conjunta de seus atributos físicos (textura, friabilidade, estrutura, porosidade visível a olho nu) disponibilizados no levantamento pedológico detalhado do CCA (Lima Filho, 2000), bem como pelo teor de argila aplicado na equação de Dane e Puckett (1994):

$$KS = 303,84e^{(-0,144 \times Arg)}$$

Em que:

KS = condutividade hidráulica do solo saturado (mm h⁻¹)

Arg (%) = Argila (em decimal)

Primeiramente distinguiu-se os graus de permeabilidade das duas camadas significativas do solo, conforme Tabela 5. Em seguida, combinou-se os graus de permeabilidade dos horizontes superficial e subsuperficial para determinar o grau de permeabilidade do perfil (ex. 1/2: permeabilidade rápida na camada superficial e moderada na subsuperficial).

Tabela 5. Graus de permeabilidade do perfil de solo.

Índice	Grau de Permeabilidade	Velocidade de Infiltração	Classe de Capacidade de Uso
0	Não identificado	--	--
1	Rápida	Superior a 150 mm de água por hora	I
2	Moderada	Entre 5 e 150 mm de água por hora	II
3	Lenta	Inferior a 5 mm de água por hora	III

Fonte: Lepsch *et al.* (1991)

4.4.4 Declividade

A declividade foi extraída a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) elaborado no *software* QGIS versão 3.22.11, derivado do levantamento planialtimétrico (escala 1:2.000) realizado em toda a área do *campus* sob encargo da Prefeitura do CCA. Para a criação do MDE foi executada a interpolação das curvas de nível utilizando a função “*v.to.rast*” seguida da função “*r.surf.contour*”, ambas da ferramenta GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*). A ferramenta “*v.to.rast*” possibilita a conversão de camadas de vetoriais em camada raster georreferenciada, já a ferramenta “*r.surf.contour*” cria um mapa de elevação rasterizado a partir de um mapa de contorno rasterizado, interpolando linearmente as linhas de contorno. A resolução espacial utilizada para a interpolação foi de 2 m.

A partir do MDE, o mapa de declividade do terreno com resolução espacial de 2 m foi obtido aplicando a função “declividade” da ferramenta GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*). O raster de declividade foi reclassificado conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2018) (Tabela 6), utilizando a função “reclassificar por tabela”, que permite reclassificar a camada raster com base em novos limites de classe inseridos em uma tabela fixa. Para obtenção da declividade média das quadras foi utilizada a função “estatísticas zonais”, que calcula as estatísticas de uma camada rasterizada para cada recurso de uma camada vetorial de polígono sobreposta.

Tabela 6. Classes de declividade.

Classe	Declividade	Descrição	Classe de Capacidade de Uso
A	Inferior a 3%	Plano	I
B	Entre 3 e 8%	Suave Ondulado	II
C	Entre 8 e 20%	Ondulado	III
D	Entre 20 e 45%	Forte Ondulado	IV
E	Entre 45 e 75%	Montanhoso	VII
F	Superior a 75%	Escarpado	VIII

Fonte: Embrapa (2018)

4.4.5 Erosão

Subclasse do Sistema de Capacidade de Uso do Solo representada pela letra “e”, o estado de erosão do solo foi identificado por meio de observações de campo e classificado de acordo conforme Lepsch et al. (1991) (Tabela 7). A subclasse é acompanhada da unidade de capacidade de uso, ou seja, o número que torna explícita a natureza da limitação.

Tabela 7. Classificação da ocorrência de erosão.

Subclasse de Capacidade de Uso: Erosão		Símbolo*	Classe de Capacidade de Uso
Laminar	Ligeira	1	II
	Moderada	2	III
	Severa	3	VI
	Muito Severa	4	VII
	Extremamente Severa	5	VIII
Superficiais	Ocasionais	7	II
	Frequentes	8	III
	Muito Frequentes	9	IV
Sulcos	Ocasionais	⑦	III
	Rasos Frequentes	⑧	IV
	Muito Frequentes	⑨	VI
Profundos	Ocasionais	[7]	IV
	Frequentes	[8]	VI
	Muito Frequentes	[9]	VII
Muito Profundos (Voçorocas)	Ocasionais	7V	VIII
	Frequentes	8V	VIII
	Muito Frequentes	9V	VIII

* O símbolo refere-se à respectiva notação na fórmula obrigatória.

Fonte: Lepsch *et al.* (1991)

4.4.6 Fatores limitantes específicos

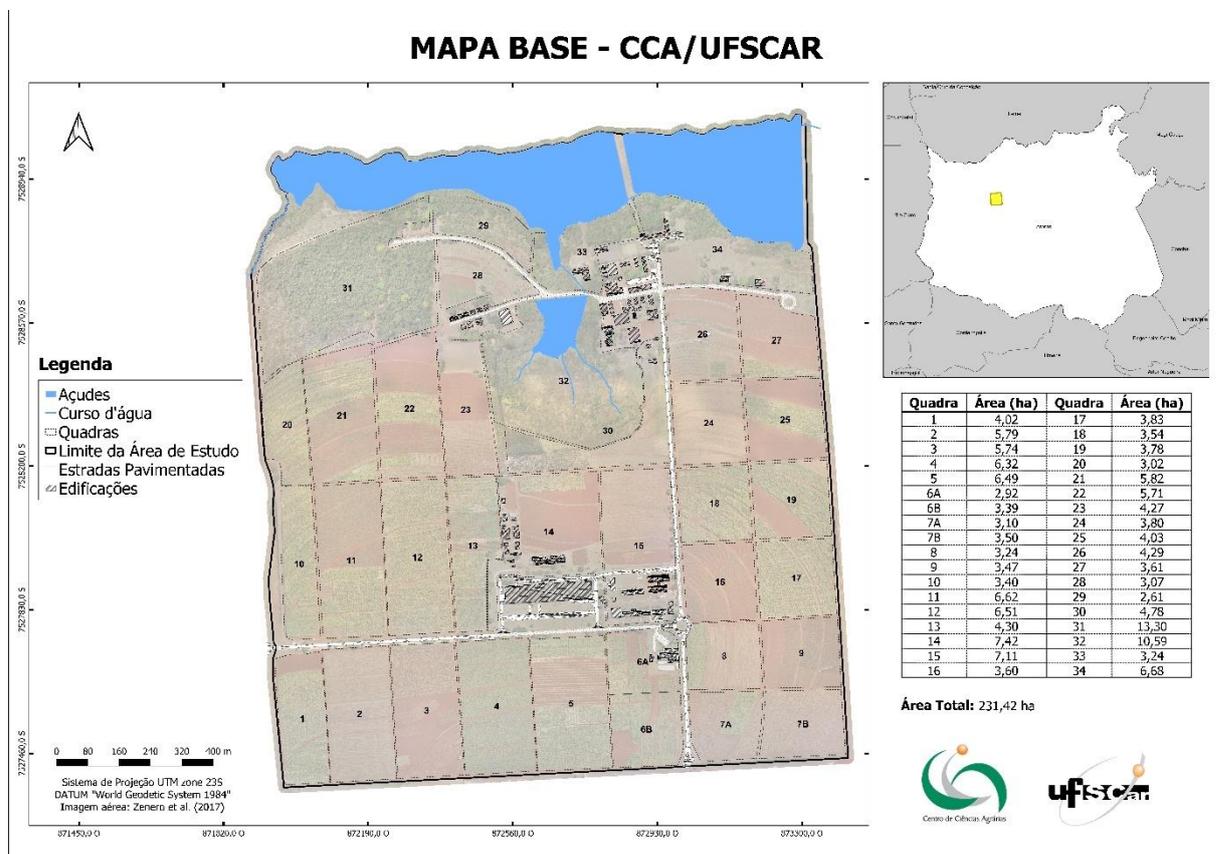
Os fatores limitantes específicos foram identificados a partir das informações presentes no levantamento pedológico detalhado do CCA (Lima Filho, 2000), além de observações de campo. Dentre os fatores considerados limitantes por Lepsch *et al.* (1991) estão a pedregosidade (pd), inundação (i), caráter abrupto (ab), caráter vértico (ve), hidromorfismo (hi), seca prolongada (se), geada/vento frio (gd), caráter distrófico (di), caráter álico (al), baixa capacidade de retenção de cátions (ct), tiomorfismo (ti), sodicidade (so), salinidade (sl) e presença de carbonatos (ca).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Mapa Base

A elaboração do Mapa Base do CCA/UFSCar (Figura 5) possibilitou uma melhor compreensão sobre a infraestrutura do *campus*, evidenciando a localização das edificações, que incluem estufas, laboratórios, salas de aula e prédios administrativos, além de destacar as vias de entrada, saída e trânsito pelo *campus*.

Figura 5. Mapa Base do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).



Fonte: Elaborado pela autora

O mapa base do *campus* foi utilizado como guia na elaboração dos demais mapas incluídos neste trabalho (mapa de solos, de declividade, de uso atual, de capacidade e de adequação de uso do solo). A inclusão da imagem aérea do CCA (Zenero *et al.*, 2017) no mapa base permitiu traçar com precisão as linhas divisórias das glebas, além de possibilitar o entendimento sobre o acesso a essas áreas. Essa informação foi importante na formulação de recomendações de manejo para cada

gleba, uma vez que as dificuldades de acesso poderiam limitar as opções de manejo disponíveis.

5.2. Uso Atual

Atualmente 62,86% (104,54 ha) da área plantada é ocupada com a cultura da cana-de-açúcar (Tabela 8), enquanto 26,64% (44,31 ha) da área é ocupada por Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal. O restante da área se divide entre áreas experimentais que incluem pastagem, silvicultura (com eucalipto e mogno), fruticultura, horticultura, forrageiras, entre outros, como mostra a figura 6.

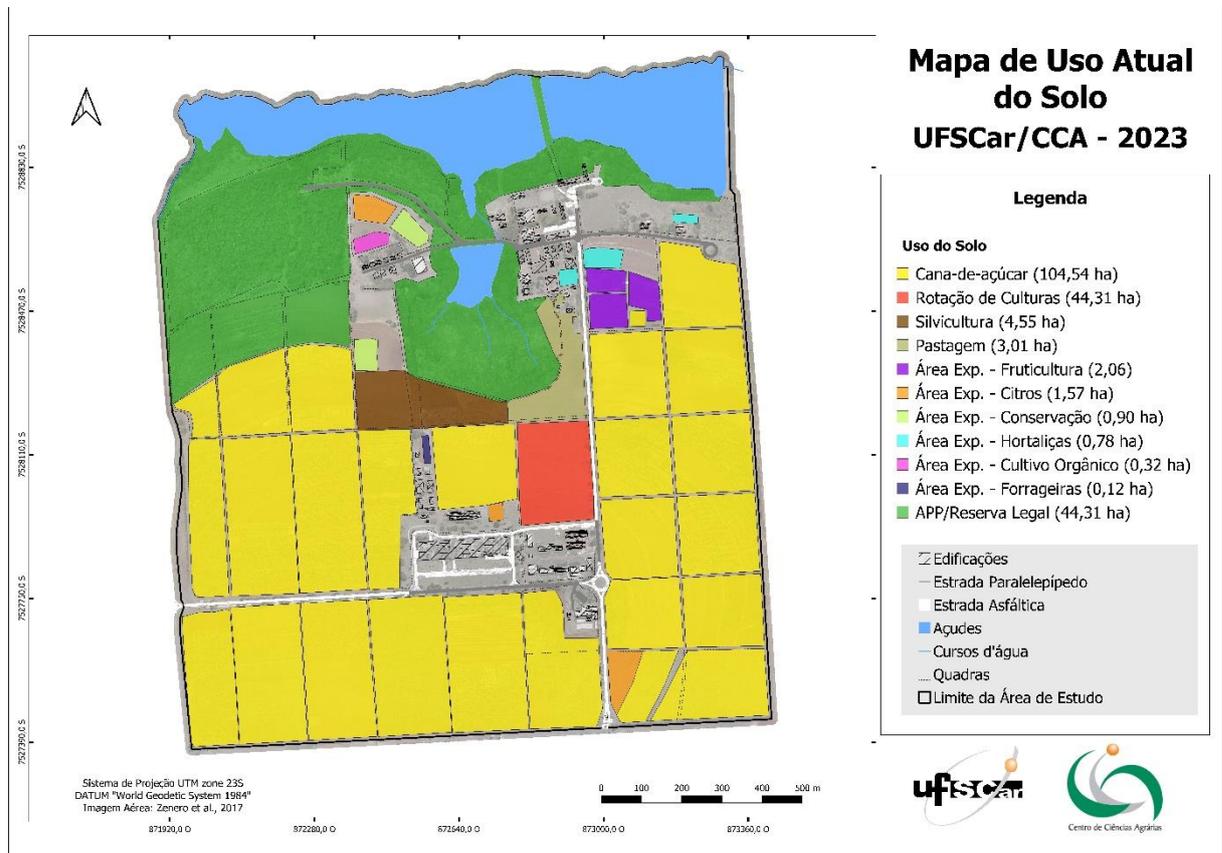
Tabela 8. Uso atual do solo no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar), 2023.

Uso Atual	Área (ha)	Área (%)	Símbolo
Cana-de-açúcar	104,54	62,86	Ltc
APP e Reserva Legal	44,31	26,64	F
Culturas em Rotação (milho, sorgo, soja)	4,55	2,74	Rcd
Silvicultura	4,14	2,49	V
Pastagem	3,01	1,81	P
Área Experimental – Fruticultura	2,06	1,24	Hfd
Área Experimental – Citros	1,57	0,94	Hfc
Área Experimental – Conservação	0,90	0,54	As
Área Experimental – Hortaliças	0,78	0,47	Hod
Área Experimental - Culturas Anuais Orgânicas	0,32	0,19	Ah
Área Experimental – Forrageiras	0,12	0,07	Aa
Total	166,30*	--	--

*Referente à área destinada à agricultura no *campus*, excetuando-se áreas construídas e pavimentadas.

Fonte: Elaborado pela autora e classificado segundo Lepsch *et al.* (1991)

Figura 6. Mapa de uso atual do solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).



Fonte: Elaborado pela autora

Principal cultura plantada no CCA, a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é cultivada de maneira convencional com o uso de maquinário, agroquímicos e revolvimento intenso do solo. No preparo do solo, são empregadas práticas como a gradagem pesada, aração, subsolagem e, quando necessário, a gradagem niveladora. No entanto, estas práticas resultam em uma maior exposição do solo, aumentando a susceptibilidade a processos erosivos causados pelo impacto da água das chuvas. A correção do alumínio (Al) é realizada com base em análise de solo; a análise também orienta a calagem e a gessagem. Na maior parte da área são utilizados toletes como material propagativo, estes são previamente tratados por meio de termoterapia e plantados de modo manual, porém sua cobertura se dá de maneira mecanizada; no restante são utilizadas mudas pré-brotadas (MPB).

Embora práticas como terraceamento e cultivo em nível sejam aplicadas, a incidência de erosão é observada em todos os talhões, indicando que essas medidas podem não ser suficientes (Figura 7).

Figura 7. Cultivo de cana-de-açúcar em terraços (CCA/UFSCar).



Fonte: Elaborado pela autora

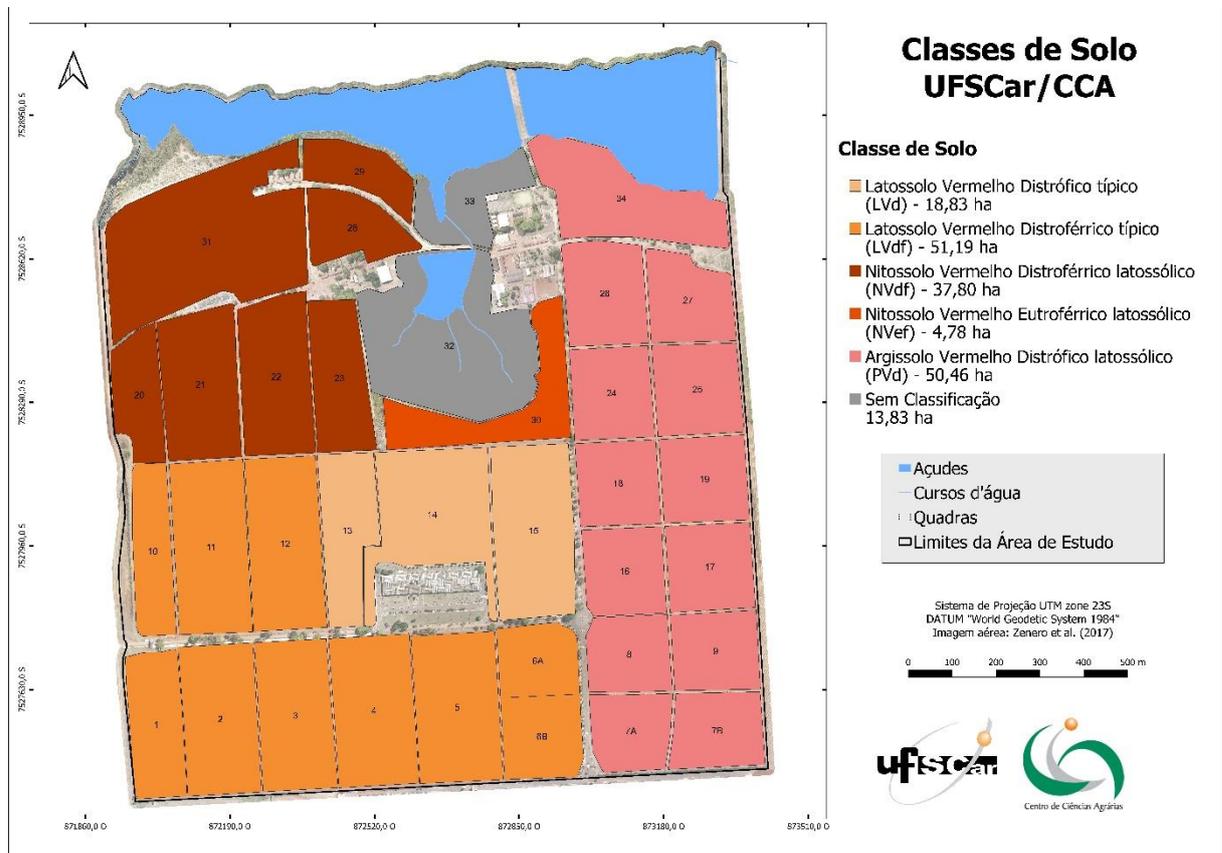
A colheita ocorre manualmente em alguns talhões e mecanizada em outros, com reforma realizada entre 3 e 5 anos após o plantio. Para a reforma dos canaviais é realizada a dessecação da área com herbicidas, seguida da destruição mecânica das soqueiras. Na época da reforma é realizado o plantio de leguminosas, como soja e crotalária, embora nem sempre seja implementado o plantio direto com manutenção da palhada destas culturas. Na maioria das vezes opta-se pelo preparo convencional do solo para plantio subsequente (informações didáticas)².

5.3. Mapa de Solos

A classe taxonômica predominante de solos no segundo nível categórico (subordens) é o Latossolo Vermelho, com 39,58% da área estudada (70,02 ha), seguido do Argissolo Vermelho com 28,53% (50,46 ha), enquanto a classe menos expressiva é Nitossolo Vermelho, com 24,07% da área total (42,58 ha) (Figura 8).

² Fornecidas por um representante do PMGCA durante aula prática da disciplina de Agricultura 2, ofertada ao curso de Engenharia Agrônômica do CCA/UFSCar, em 30 de maio de 2023.

Figura 8. Mapa de Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).



Fonte: Elaborado pela autora

A descrição dos solos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 2018) é apresentada a seguir:

- Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd): solos compostos por material mineral, com um horizonte B latossólico abaixo de qualquer tipo de horizonte A a uma profundidade de até 200 cm da superfície do solo, ou até 300 cm se o horizonte A tiver mais de 150 cm de espessura. Apresentam matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). A saturação por bases é inferior a 50% nos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

- Latossolo Vermelho Distroférrico típico (LVdf): solos com características semelhantes ao LVd, porém, além da saturação por bases menor que 50% apresentam de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) entre 180 g kg^{-1} a menos de 360 g kg^{-1} de solo.

- Argissolo Vermelho Distrófico latossólico (PVd): solos compostos por material mineral, caracterizados presença de horizonte B textural de argila de

atividade baixa, ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, dentro de 150 cm a partir da superfície do solo. A matiz desses solos é de 2,5YR ou mais vermelho e saturação por bases inferior a 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

- Nitossolo Vermelho Distroférico latossólico (NVdf): solos com horizonte B nítrico abaixo do horizonte A. Apresentam matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (exclusive BA). Possuem saturação por bases inferior a 50% e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) de 150 g kg^{-1} a $< 360 \text{ g kg}^{-1}$ de solo, ambos na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

- Nitossolo Vermelho Eutroférico latossólico (NVef): solos com características semelhantes aos NVdf, diferindo apenas na saturação por bases, que neste caso é superior ou igual a 50%.

Na tabela 9 são detalhadas as culturas que ocupam cada classe de solo do *campus*.

Tabela 9. Uso atual de acordo com a classe de solo no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar), 2023.

Uso Atual	Classe de Solo	Área (ha)*
Cana-de-açúcar	Latossolo	58,33
	Argissolo	38,51
	Nitossolo	7,48
Citros	Argissolo	0,85
	Nitossolo	0,56
	Latossolo	0,15
Floresta (APP e Reserva Legal)	Nitossolo	23,19
Culturas Anuais Orgânicas	Nitossolo	0,32
Culturas em Rotação (milho, fava, soja)	Latossolo	4,55
Silvicultura	Nitossolo	3,57
Pastagem	Nitossolo	2,28
Fruticultura	Argissolo	2,06
Experimentos em Conservação	Nitossolo	0,90
Horticultura	Argissolo	0,59
Forrageiras	Latossolo	0,12

*Referente à interseção do uso atual do solo com as quadras do levantamento de solos do *campus*, regiões sem classificação de solos ou sem cobertura vegetal (áreas construídas e estradas) não foram consideradas.

Fonte: Elaborado pela autora.

Os Latossolos são solos profundos, bem drenados e altamente intemperizados. Conforme apontado por Ker (1997), constituem a classe de solo de maior utilização agrícola no país. No entanto, requerem atenção quanto à sua baixa fertilidade natural, o que exige um manejo adequado, que pode incluir adubação e correção da acidez. O autor ainda destaca a necessidade de adoção de práticas conservacionistas para esses solos, uma vez que estão sujeitos a altos índices de erosão, especialmente quando há intensa utilização sob altos regimes pluviométricos. Os Latossolos Vermelhos argilosos a muito argilosos apresentam características favoráveis ao manejo relacionadas a boa drenagem, elevado teor de microagregados e uniformidade ao longo do perfil. Deve-se ter atenção, entretanto, em relação à

elevada susceptibilidade à compactação no uso de implementos e mecanização, retenção de umidade relativamente baixa apesar da textura argilosa, podendo secar rapidamente, e exigência de preparo profundo. Lepsch *et al.* (1991) acrescentam ainda que os Latossolos-Vermelhos “ficam mais distantes do solo ideal”, pois associado à baixa retenção de água disponível às plantas, apresentam ainda baixa fertilidade e possuem toxidade por alumínio sob a camada arável, atributo de difícil correção.

Os Argissolos, menos intemperizados em comparação aos Latossolos, destacam-se pela melhor fertilidade natural e pela presença significativa de argila que favorece, neste caso, a capacidade de armazenamento de água. Contudo, devido à relação textural presente nestes solos, que implica em diferenças na infiltração entre seus horizontes superficiais e subsuperficiais, tendem a ser mais suscetíveis aos processos erosivos (Zaroni e Santos, 2021) e podem permanecer encharcados após as chuvas. Martins Filho *et al.* (2009) propõem a manutenção da palhada durante a colheita mecanizada da cana-de-açúcar como uma alternativa eficaz para evitar a perda de solo por erosão nestes solos. Tal prática contribuiria para a preservação da capacidade de infiltração e da estabilidade estrutural em Argissolos. A adoção de terraços em desnível também é recomendada.

Os Nitossolos, segundo Lepsch *et al.* (1991), são solos que “mais se aproximam das condições ideais”, devido a boa drenagem, alta profundidade e riqueza em nutrientes. Em áreas mais planas apresentam alto potencial para o uso agrícola, no entanto, em ambientes mais declivosos podem ser limitados por sua susceptibilidade à erosão e restrição à mecanização (Zaroni e Santos, 2021).

A maior parte dos Latossolos e Argissolos do *campus* é ocupada pelo cultivo da cana-de-açúcar (Tabela 9), que também está presente de modo menos expressivo nos Nitossolos. A intensiva preparação desses solos solo por meio de aração e gradagem, bem como a utilização de maquinário no cultivo e colheita mecanizada, podem resultar na fragmentação dos agregados do solo, algo que é recorrente em lavouras de cana-de-açúcar, conforme verificado por Roque *et al.* (2010) em Latossolos e Pacheco e Cantalice (2011) em Argissolos.

A baixa capacidade de retenção de água dos Latossolos-Vermelhos também demanda atenção, pois, conforme afirma Marin (2022), o desenvolvimento de raízes da cultura é extremamente dependente da capacidade de retenção de água.

Para transpor tal limitação, no CCA é adotada a irrigação por aspersão por meio de autopropelido por carretel, no qual se usa um canhão.

5.4. Profundidade Efetiva

A profundidade efetiva predominante na área, de acordo com a Tabela 1, é maior que 2 m, solos muito profundos, com 78,33% da área total (138,56 ha), seguido de solos profundos (1 a 2 m de profundidade), com 13,85% da área total (24,50 ha). Não foi possível determinar a profundidade efetiva dos solos das quadras 32 e 33 (13,83 ha, 7,81% da área total) pela ausência de dados sobre essas áreas no levantamento pedológico detalhado do CCA (Lima Filho, 2000).

A profundidade efetiva do solo é um atributo de extrema importância, uma vez que ela determina a intensidade de manejo que um solo pode suportar. Quanto maior a profundidade e o volume de solo disponíveis para exploração, maior é a capacidade de absorver água e nutrientes, além de fornecer suporte físico às plantas. Além disso, a profundidade efetiva serve como indicador da resistência do solo à erosão; assim, quanto maior a profundidade, maior a capacidade do solo de tolerar processos erosivos (Santos *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2001). Deste modo, pode-se concluir que os solos do CCA possuem estas qualidades derivadas de sua elevada profundidade efetiva.

Considerando o uso predominante com cana-de-açúcar, os solos do CCA são propícios, uma vez que apresentam uma profundidade efetiva superior a 1 metro. Isso gera um ambiente favorável no qual as raízes da planta podem explorar um volume maior de solo (Marin, 2022).

5.5. Textura

Os solos com superfície e subsuperfície de textura muito argilosa, com teor de argila superior a 60%, predominam na área de estudo (Tabela 1), 68,54 ha (38,75% da área total), seguidas dos solos de superfície muito argilosa e subsuperfície argilosa, cujo teor de argila está entre 35 e 60%, com 35,55% da área total (62,89 ha). 17,88% da área (31,63 ha) é ocupada por solos de superfície e subsuperfície argilosas. Não foi possível determinar a textura dos solos das quadras 32 e 33 (13,83 ha, 7,81% da área total) pela ausência de dados sobre essas áreas no levantamento pedológico detalhado do CCA (Lima Filho, 2000).

O conhecimento da textura do solo é de grande importância, pois ela determina outras características do solo como sua estrutura, consistência, permeabilidade, capacidade de retenção de água e capacidade de troca de cátions. Todas estas características são fundamentais no entendimento do comportamento do solo em sua relação com a água, a atmosfera e as plantas (Lepsch *et al.*, 1991) e na definição do manejo adotado. A textura do solo pode ainda atuar como indicador de sua suscetibilidade à erosão. De acordo com Spera *et al.* (1999), os solos de textura argilosa e muito argilosa apresentam uma menor suscetibilidade à erosão em áreas de relevo não declivoso.

A textura de um solo depende do intemperismo e da composição da rocha que lhe deu origem. As classes de solo do CCA têm como materiais de origem rochas sedimentares (argilitos, arenitos, siltitos cinzas e roxos) da era Paleozoica, há 270 milhões de anos, e intrusões de diabásio (sills) da era Mesozoica, há 180 e 135 milhões de anos, entre as rochas sedimentares (Lima Filho, 2000). Tais rochas ferromagnesianas são a causa dos elevados teores de hematita (Fe_2O_3) encontrados nas classes Latossolo Vermelho Distroférico, Nitossolo Vermelho Distroférico e Nitossolo Vermelho Eutroférico no *campus* (Tabela 10).

Tabela 10. Resultados analíticos (ataque sulfúrico - %) obtidos nas amostras de solo dos perfis do CCA/UFSCar.

Quadra	Classe de Solo	Horizonte	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)
1, 2, 3, 4	LVdf	Ap	26,80	22,98
		Bw2	28,90	24,75
10, 11, 12	LVdf	Ap	23,70	15,55
		Bw2	24,40	24,73
20, 21, 22, 23, 28, 29	NVdf	Ap	15,90	13,77
		Bt1	16,70	18,62
30	NVef	A	15,30	19,13
		Bt2	15,10	19,38
31	NVdf	A	17,30	13,26
		Bt2	15,90	21,17
5, 6A, 6B	NVdf	Ap	25,00	22,95
		Bw2	28,90	24,73
13,14, 15	LVd	Ap	20,00	19,63
		Bw2	20,20	18,36
7A, 7B, 8, 9, 16, 17, 18, 19	PVd	Ap	26,80	22,44
		Bt2	16,00	22,70
24, 25, 26	PVd	Ap	12,60	17,34
		Bt	14,80	24,22

Fonte: Levantamento pedológico detalhado do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFSCar (LIMA FILHO, 2000).

Há uma tendência de solos argilosos apresentarem maior capacidade de retenção de água maior e menor capacidade de movimentação de água no solo. Contudo, a mineralogia da argila deve ser considerada, uma vez que silicatos de alumínio, como a caulinita, tendem a apresentar formato de placas, possibilitando o surgimento de estruturas que conferem maior coesão e menor permeabilidade e, portanto, aumentando a suscetibilidade do solo ao escoamento superficial e erosão. Porém, alguns Latossolos mais ricos em óxidos de ferro e alumínio apresentam a disposição das partículas em agregados mais arredondados, o que garante boa permeabilidade, apesar do elevado teor de argila. De onde se observa que, mesmo

quando muito argilosos, a estrutura é mais importante que a textura no comportamento físico-hídrico destes solos.

Segundo Prado (1991), o manejo adotado para estas duas classes – argilosa e muito argilosa, pode ser semelhante, com especial atenção aos níveis de fósforo no caso de solos de textura argilosa. É importante destacar que estes solos apresentam uma limitação quanto à mecanização, exigindo cuidado quanto ao uso de implementos agrícolas em condições de umidade excessiva, o que não acontece no manejo da cana-de-açúcar no *campus*, uma vez que mesmo não havendo trânsito de maquinário durante as chuvas, não é esperado o tempo necessário para que esse solo seque, evitando compactação.

5.6. Permeabilidade

Martins *et al.* (2002), incluem a permeabilidade dentre os atributos mais importantes de um solo, juntamente com densidade do solo, macro e microporosidade, estabilidade de agregados e resistência à penetração, atributos estes que compõem a estrutura do solo. Para Sampaio *et al.* (2006), há uma estreita relação entre a permeabilidade do solo e os atributos de macroporosidade, microporosidade, resistência à penetração e densidade.

Primavesi *et al.* (1998) classificam a permeabilidade como um indicador da sustentabilidade do solo, uma vez que uma boa permeabilidade permite a infiltração da água realizando o abastecimento adequado do lençol freático e evitando o escoamento superficial, o que, segundo os autores, é essencial para o sucesso agrícola.

Após a aplicação da equação de Dane e Puckett (1994) para as camadas superficial e subsuperficial de todas as quadras do estudo, observou-se que a permeabilidade nos horizontes superficial e subsuperficial de todas as classes dos solos do CCA é rápida, com velocidade de infiltração superior a 150 mm de água por hora (Tabela 11).

Tabela 11. Permeabilidade dos solos do CCA-UFSCar.

Quadras	Solo	Horizonte	KS (mm h ⁻¹)
1, 2, 3, 4	LVdf	Ap	280,72
		Bw2	275,91
10, 11, 12	LVdf	Ap	283,57
		Bw2	276,31
20, 21, 22, 23, 28, 29	NVdf	Ap	283,16
		Bt1	277,51
30	NVef	A	282,75
		Bt2	280,32
31	NVdf	A	282,75
		Bt2	275,91
5, 6A, 6B	NVdf	Ap	278,31
		Bw2	278,31
13, 14, 15	LVd	Ap	278,71
		Bw2	279,92
7A, 7B, 8, 9, 16, 17, 18, 19	PVd	Ap	281,94
		Bt2	276,31
24, 25, 26, 27	PVd	Ap	283,16
		Bt	274,33
*32, 33, 34	--	--	--

Fonte: Determinado a partir da equação de Dane e Puckett (1994) utilizando os dados do Levantamento Pedológico Detalhado do Centro de Ciências Agrárias (CCA) (Lima Filho, 2000). *Valores não disponíveis em Lima Filho (2000).

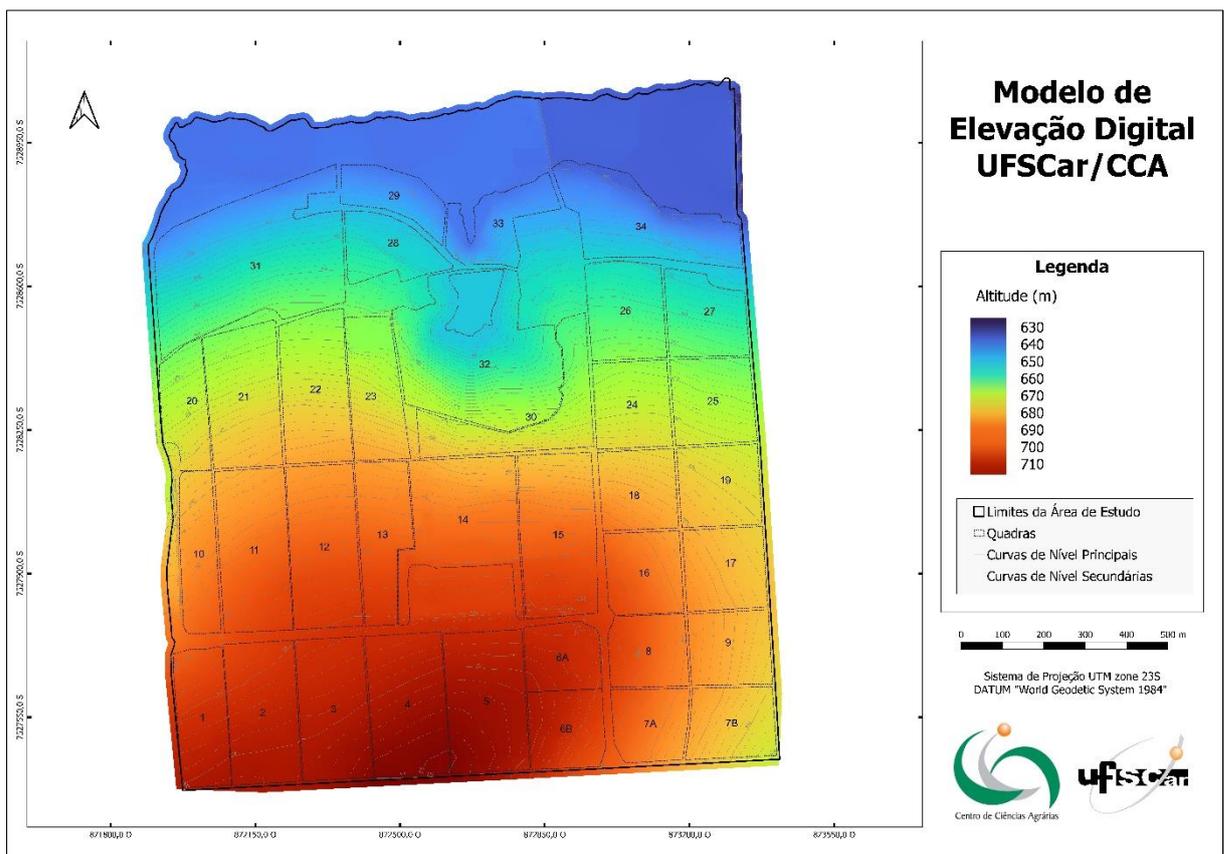
Os Latossolos do *campus* possuem textura argilosa/muito argilosa (Tabela 1), porém sua estrutura forte, pequena e granular (Lima Filho, 2000) lhe conferem uma alta permeabilidade (Tabela 11). Essa estrutura, de acordo com Lepsch *et al.* (1991), possibilita o livre movimento da água. O mesmo é observado para os Nitossolos cuja estrutura favorável ao movimento da água é confirmada pela abundância de raízes e canais biológicos em seu perfil (Lima Filho, 2000). Por fim, os Argissolos do CCA possuem estrutura granular e blocos, de tamanho pequeno a médio, no horizonte superficial e subsuperficial, respectivamente, ou blocos pequenos no horizonte superficial. Em alguns locais foi constatada a presença de uma massa compactada

no horizonte subsuperficial sem, entretanto, promover maiores danos ao crescimento de raízes, considerada de abundância comum. (Lima Filho, 2000). Assim, mesmo com a textura argilosa (Tabela 1) e compactação observadas, a água é drenada através do perfil.

5.7. Declividade

A partir do Modelo de Elevação Digital do CCA (Figura 9) observa-se que a altitude do terreno varia de 630 a 710 m acima do nível do mar, com valor médio de 673,39 m. As menores altitudes estão localizadas a norte, enquanto as maiores encontram-se nas regiões sul e sudoeste do *campus*. A variação altimétrica é de 80 m, sendo que 47,17% da área de estudo está a uma altitude superior à 685 m.

Figura 9. Modelo Digital de Elevação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).

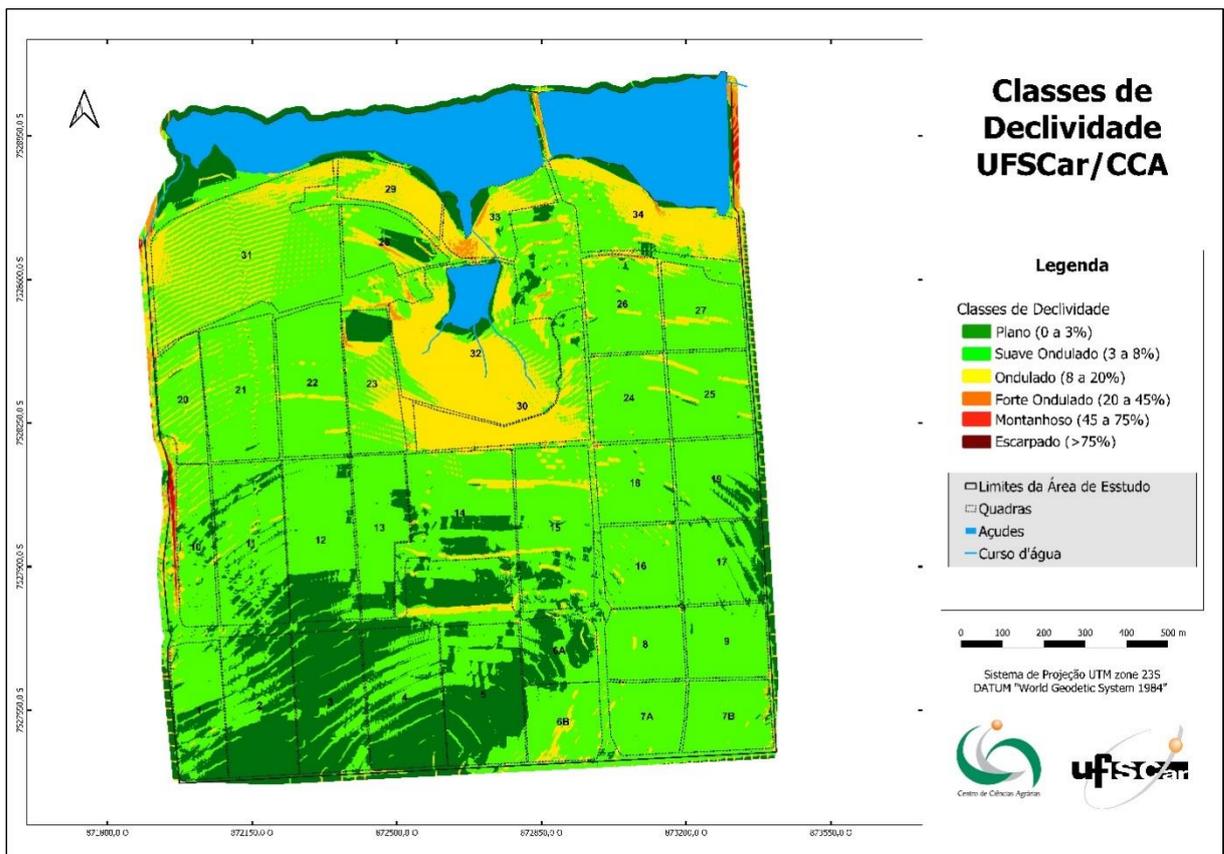


Fonte: Elaborado pela autora

Quanto à declividade (Figura 10 e Tabela 12), predomina o relevo suave ondulado (3 a 8% de inclinação), ocupando 70,48% da área estudada (124,67 ha). Santos *et al.* (2012) explicam que nessa classe de declividade, a velocidade de

escoamento superficial varia de média à alta, a depender do tipo de solo em questão. Para estes casos, a erosão hídrica pode ser controlada a partir da adoção de práticas simples de conservação do solo, no entanto, quando é realizado um cultivo intensivo da área, a adoção de práticas mais complexas faz-se necessária para mitigar as perdas de solo.

Figura 10. Mapa de declividade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).



Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 12. Classes de declividade do CCA/UFSCar.

Classe de Solo	Classe de Declividade	Área	%
LVdf	B Suave Ondulado	18,83	10,53
LVdf	A Plano	24,33	13,60
	B Suave Ondulado	28,86	16,13
PVd	B Suave Ondulado	43,78	24,47
	C Ondulado	6,68	3,73
NVdf	B Suave Ondulado	35,20	19,68
	C Ondulado	2,61	1,46
Nvef	C Ondulado	4,78	2,67
Sem Classificação	C Ondulado	13,83	7,73

Fonte: Elaborado pela autora

Para Marin (2022), as terras ideais para o cultivo de cana-de-açúcar devem apresentar declives suaves, preferencialmente entre 2% e 5% (entre plano e suave ondulado). Contudo, o autor destaca a importância de considerar que solos mais argilosos, como é o caso dos solos do CCA, podem exigir um limite superior de 5% de inclinação. Em áreas completamente planas, é necessária a implementação de sistemas de drenagem para evitar o acúmulo excessivo de água. Em situações em que os declives são mais acentuados do que os mencionados, é possível utilizá-los para facilitar a distribuição natural da água das chuvas.

5.8. Erosão

A ocorrência de chuvas torrenciais, características das regiões tropicais no verão, amplia a vulnerabilidade de áreas agrícolas aos efeitos dos processos erosivos. Neste sentido, verificou-se a presença de erosão hídrica, tanto na forma laminar (Figura 11) quanto em sulcos (Figura 12). Na maioria dos casos a erosão laminar foi identificada a partir da deposição de material erodido no pavimento e em carregadores vizinhos às áreas cultivadas com cana-de-açúcar em dias chuvosos, nos quais observou-se o escoamento superficial da água carregando partículas de solo no sentido da declividade.

Figura 11. Erosão laminar observada em área próxima a um talhão de cana-de-açúcar.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 12. Sulco de erosão observado no cultivo de cana-de-açúcar na UFSCar/CCA.



Fonte: Elaborado pela autora

A erosão em sulcos foi identificada pela formação de um sulco raso localizado na borda de um talhão de cana-de-açúcar (Figura 12). Nota-se na imagem aérea do *campus* que este sulco não havia se formado em 2017, mas já era evidente em maio de 2023 (Figura 13).

Figura 13. a. Recorte de imagem aérea da UFSCar/CCA (2017)*; b. Imagem de satélite para o CCA (maio de 2023)*; c. Fotografia do sulco formado por erosão na borda de talhão de cana-de-açúcar (novembro de 2023)*.



*Todas as imagens referem-se à Quadra 6B do levantamento pedológico detalhado do CCA

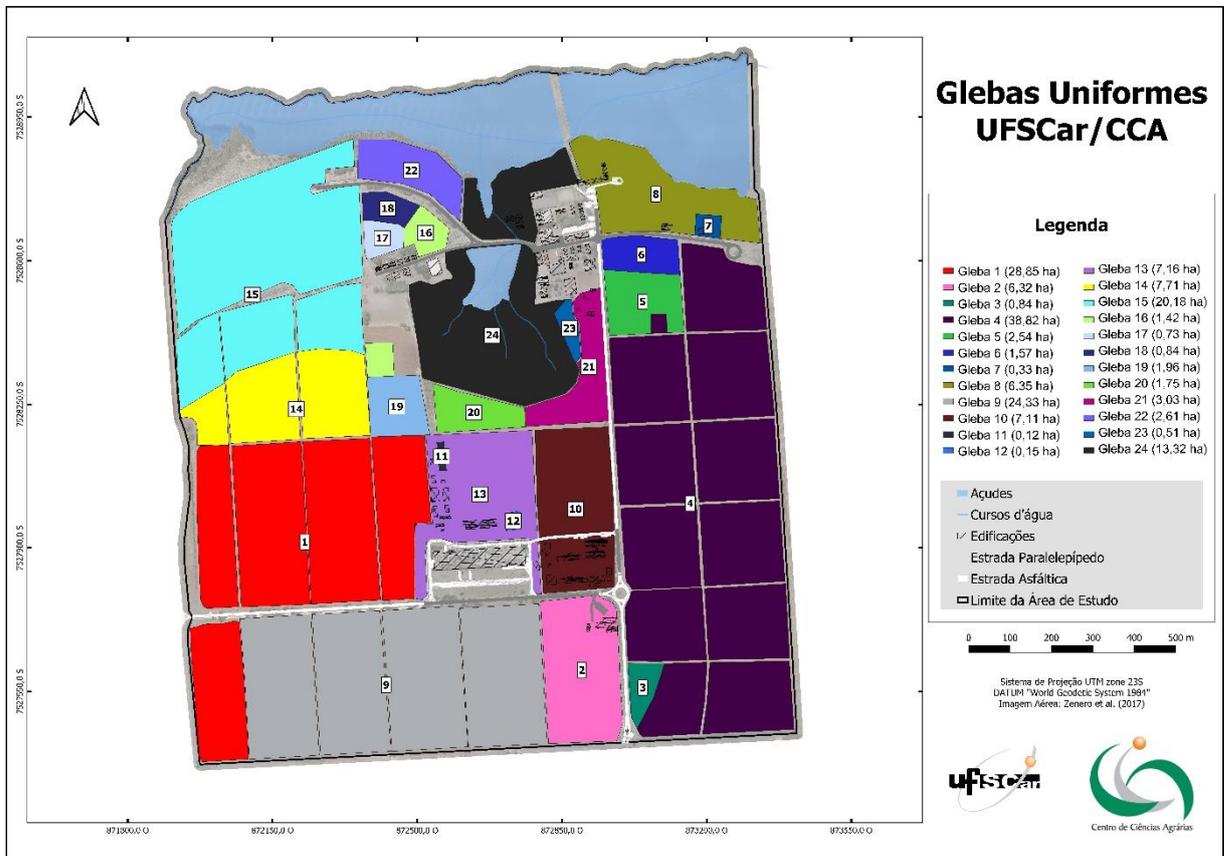
Fonte: a. Zenero *et al.* (2017); b. Google Earth (2023); c. Elaborado pela autora

De Maria e Filho (2009) admitem que todas as áreas agrícolas possuem vestígios de processos erosivos que fragilizam a superfície do solo no passado, que contribuem com o aumento da suscetibilidade ao escoamento superficial. De acordo com os autores, nas glebas em que estes vestígios estão presentes, deve-se atentar à retomada dos processos erosivos, principalmente diante da ocorrência de chuvas torrenciais.

5.9. Glebas Uniformes

Ao avaliar em conjunto a declividade e as classes de solo foi possível dividir a área de estudo em 24 glebas uniformes de áreas variadas, totalizando 178,55 ha (Figura 14). Corpos d'água e áreas pavimentadas não foram consideradas nesta divisão, assim como não estão incluídas na classificação da capacidade de uso.

Figura 14. Glebas uniformes para classificação da Capacidade de Uso do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).



Fonte: Elaborado pela autora

5.10. Fatores Limitantes Específicos

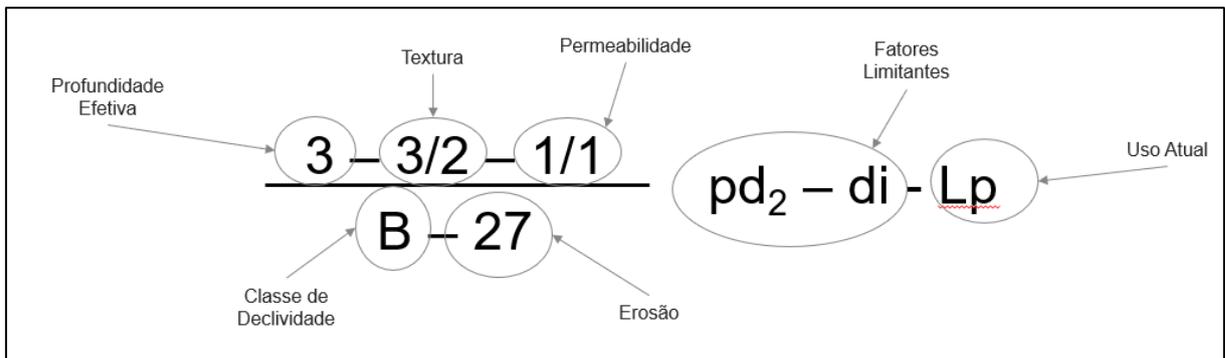
Foi observada a limitação por distrofismo (di) nas glebas 1, 3, 4, 10, 11, 12, 13, 14 e 15 (Tabela 1). A identificação deste fator limitante ocorre quando a saturação por bases na camada arável, entre 20 e 60 cm de profundidade, é inferior à 50%. Além disso, o distrofismo é evidenciado quando a saturação por alumínio está entre 10 e 50% ou o pH em água entre 5,0 e 5,6.

É importante destacar que, segundo Lepsch *et al.* (1991), embora esta limitação seja considerada pequena, pode ter implicações negativas no desenvolvimento das raízes das plantas. Considerando que a maior parte do solo no *campus* é destinado ao cultivo da cana-de-açúcar, cultura cujo sucesso do desenvolvimento do sistema radicular é de suma importância, deve-se adotar práticas de manejo conservacionista que visem a melhoria desta característica, como a adubação adequada, manutenção da cobertura vegetal permanente e cultivo com o mínimo revolvimento do solo.

5.11. Capacidade de Uso do Solo

Os principais elementos do levantamento do meio físico foram dispostos na fórmula obrigatória, a fim de obter uma expressão simbólica das principais características de cada gleba (Tabela 13). A permeabilidade do perfil de solo, inserida na fórmula, porém não constante no levantamento de solos, foi determinada pela equação de Dane e Puckett (1994). A partir da determinação da fórmula obrigatória de cada gleba foi possível determinar as unidades de capacidade de uso do solo (Figura 15), uma vez que as propriedades do solo dispostas na fórmula são determinantes para essa classificação. A classe adotada para cada gleba foi equivalente à sua maior limitação, ou seja, ao maior número da fórmula.

Figura 15. Exemplo de aplicação da fórmula obrigatória.



Fonte: Lepsch *et al.* (1991)

Tabela 13. Unidades de capacidade de uso do solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).

continua

Gleba	Fórmula Obrigatória	Unidades de Capacidade de Uso	Limitações de Uso
1	$\frac{1(I) - 2/1(III) - 1/1(I)}{B(II) - 2(III)} di - Ltc$	IIIe-4,s-5	Erosão laminar e baixa saturação por bases
2	$\frac{1(I) - 1/1(III) - 1/1(I)}{B(II) - \textcircled{7}(IV)} di - Ltc$	IVe-5,s-5	Erosão em sulcos e baixa saturação por bases
3	$\frac{1(I) - 2/2(II) - 1/1(I)}{B(II) - 2(III)} di - Hfc$	IIIe-4,s-5	Erosão laminar e baixa saturação por bases
4	$\frac{1(I) - 2/2(II) - 1/1(I)}{B(II) - 2(III)} di - Ltc$	IIIe-4,s-5	Erosão laminar e baixa saturação por bases
5	$\frac{1(I) - 2/2(II) - 1/1(I)}{B(II)} di - Hod$	IIIs-5	Baixa saturação por bases
6	$\frac{1(I) - 2/2(II) - 1/1(I)}{B(II)} di - Hfd$	IIIs-5	Baixa saturação por bases
7	$\frac{1(I) - 2/2(II) - 1/1(I)}{C(III)} di - Hod$	IIIe-2,s-5	Declive longo e baixa saturação por bases
8	$\frac{1(I) - 2/2(II) - 1/1(I)}{C(III)} di - F$	IIIe-2,s-5	Declive longo e baixa saturação por bases
9	$\frac{1(I) - 2/1(III) - 1/1(I)}{A(I) - 2(III)} di - Ltc$	IIIe-4,s-5	Erosão laminar e baixa saturação por bases
10	$\frac{1(I) - 1/1(III) - 1/1(I)}{B(II) - 2(III)} di - Rcd$	IIIe-4,s-5	Erosão laminar e baixa saturação por bases
11	$\frac{1(I) - 1/1(III) - 1/1(I)}{B(II)} di - Aa$	IIIe-8,s-5	Depósitos de erosão e baixa saturação por bases
12	$\frac{1(I) - 1/1(III) - 1/1(I)}{B(II)} di - Ltc$	IIIs-5	Baixa saturação por bases
13	$\frac{1(I) - 1/1(III) - 1/1(I)}{B(II) - 2(III)} di - Ltc$	IIIe-4,s-5	Erosão laminar e baixa saturação por bases
14	$\frac{2(I) - 2/1(III) - 1/1(I)}{B(II)} di - Ltc$	IIIs-5	Baixa saturação por bases
15	$\frac{2(I) - 2/1(III) - 1/1(I)}{B(II)} di - F$	IIIs-5	Baixa saturação por bases

Tabela 13. Unidades de capacidade de uso do solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).

continuação

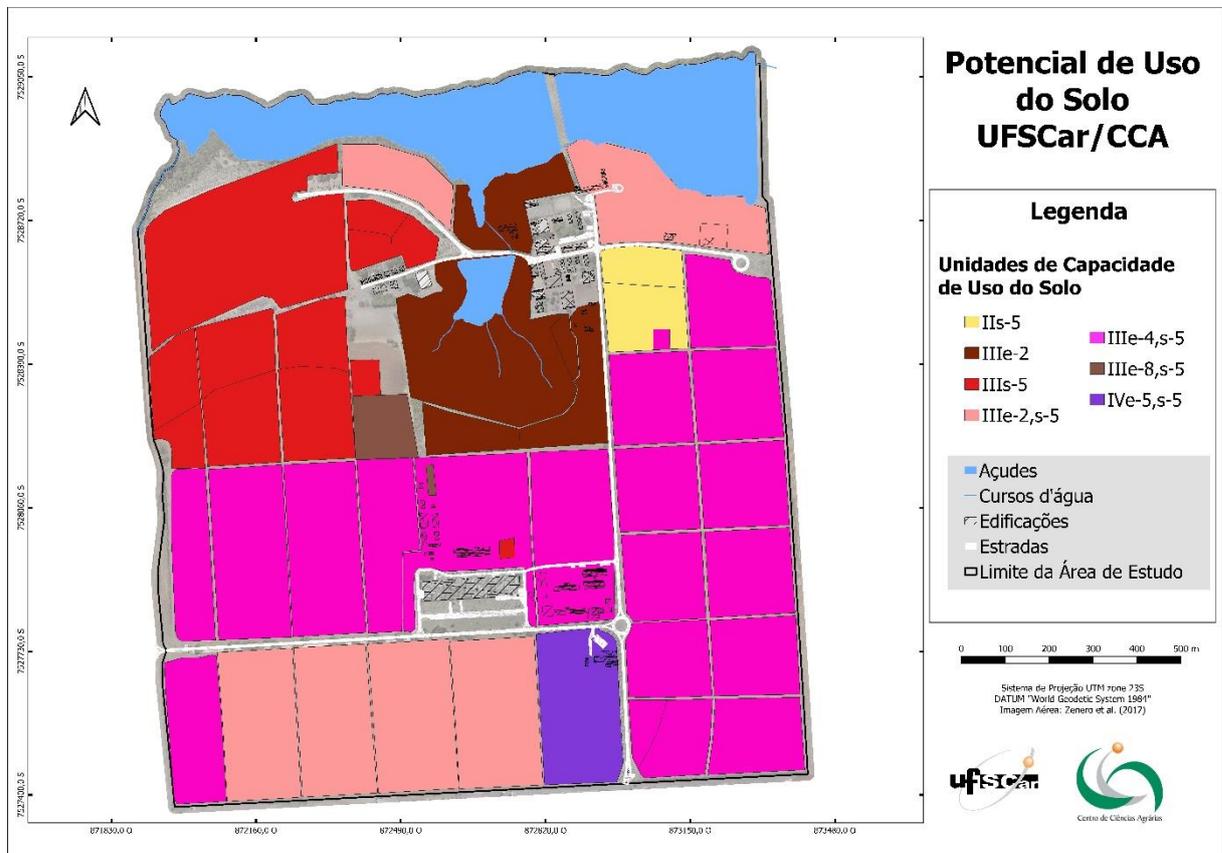
Gleba	Fórmula Obrigatória	Unidades de Capacidade de Uso	Limitações de Uso
16	$\frac{2(I) - 2/1(III) - 1/1(I)}{B(II)} di - As$	III s-5	Baixa saturação por bases
17	$\frac{2(I) - 2/1(III) - 1/1(I)}{B(II)} di - Ah$	III s-5	Baixa saturação por bases
18	$\frac{2(I) - 2/1(III) - 1/1(I)}{B(II)} di - Hfc$	III s-5	Baixa saturação por bases
19	$\frac{2(I) - 2/1(III) - 1/1(I)}{B(II)} di - V$	III e-8, s-5	Depósitos de erosão e baixa saturação por bases
20	$\frac{1(I) - 2/2(II) - 1/1(I)}{C(III)} - V$	III e-2	Declive longo
21	$\frac{1(I) - 2/2(II) - 1/1(I)}{C(III)} - P$	III e-2	Declive longo
22	$\frac{2(I) - 2/1(III) - 1/1(I)}{C(III)} di - F$	III e-2, s-5	Declive longo e baixa saturação por bases
23*	$\frac{0 - 0 - 1/1(I)}{C(III)} - P$	III e-2	Declive longo
24*	$\frac{0 - 0 - 1/1(I)}{C(III)} - F$	III e-2	Declive longo

di: caráter distrófico; Ltc: lavoura de cana-de-açúcar; Hfc: citros; Hod: horticultura; Hfd: fruticultura; F: floresta (APP e Reserva Legal); Rcd: rotação de culturas; Aa: forrageiras; As: sistema agroflorestal e experimentos em agricultura de conservação; Ah: cultivo orgânico (culturas anuais); V: silvicultura; P: pastagem.

*Não há informações de textura e profundidade efetiva do solo para estas glebas, o índice 0 neste caso representa que a característica a qual se refere não foi identificada no levantamento pedológico.

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 16. Mapa de potencial de uso do solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).



Fonte: Elaborado pela autora

Todas as glebas analisadas enquadram-se no Grupo A, que acomoda as terras cuja intensidade de uso compreende a utilização com culturas anuais, perenes, pastagens, reflorestamento e vida silvestre. A área de estudo compreende as classes II, III e IV que refletem, nessa ordem, o aumento da complexidade dos problemas de conservação e, conseqüentemente, das práticas de conservação do solo, em especial, de controle da erosão. Há predomínio de solos da classe III, ocupando 94,14% da área total, seguidos da classe IV, com 3,54%, e da classe II, com 2,31% da área total das glebas (Figura 16). A classe II indica terras cultiváveis com problemas simples de conservação, como plantio e cultivo em nível, e/ou de manutenção de melhoramentos, a exemplo de calagem e adubações. Terras cultiváveis com problemas complexos de conservação – terraceamento, por exemplo, e/ou manutenção de melhoramentos, como subsolagem e drenagem, são representadas na classe III. A classe IV indica terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação. No indicativo das

subclasses, as limitações de uso encontradas foram e: limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão; e s: limitações relativas ao solo.

Sabe-se que no *campus* algumas práticas conservacionistas já são aplicadas, dentre elas a rotação de culturas, plantio da cana-de-açúcar em nível e terraceamento. No entanto, para os solos de subclasse “e” é necessária a adoção de práticas mais intensivas para controle da erosão, bem como nos solos de subclasse “s”, onde práticas de correção da deficiência de fertilidade dos solos devem ser implantadas.

Nos solos de classe II, a subclasse “s” foi identificada e sua unidade de capacidade de uso é descrita:

- II_s-5: solos com caráter distrófico (baixa saturação por bases) (Tabela 1). As recomendações para estas áreas incluem: adubação e calagem (em função do solo e da cultura); rompimento da camada superficial compactada e manutenção da cobertura do solo.

Na classe III, foram encontradas as seguintes subclasses e suas respectivas unidades:

- III_e-2: Solos com declive ondulado (8 a 20%, classe C de declividade) (Figura 10; Tabela 12). As recomendações para essas áreas incluem plantio e cultivo em nível aliado ao cultivo em faixas ou terraceamento; rotação com culturas densas; manutenção dos terraços e canais de divergência e plantio direto (sem aração).

- III_s-5: Solos com baixa saturação em bases (caráter distrófico) (Tabela 1). As recomendações para estas áreas incluem: rompimento das camadas compactas superficiais, melhoramento das condições físicas do solo (incorporação de matéria orgânica e rotação com culturas de raízes profundas e grande quantidade de resíduos vegetais); adubação e calagem e cultivo mínimo do solo.

- III_e-2,s-5: Solos com declive longo, neste caso de declividade ondulada (8 a 20%, classe C de declividade) (Figura 10; Tabela 12) e com baixa saturação em bases (caráter distrófico) (Tabela 1).

- III_e-4,s-5: Solos com erosão laminar e com baixa saturação em bases (caráter distrófico) (Tabela 1).

- *IIIe-8,s-5*: Solos com depósitos de erosão e com baixa saturação em bases (caráter distrófico) (Tabela 1).

Para estes solos recomenda-se a integração das recomendações listadas para as subclasses *e* e *s*.

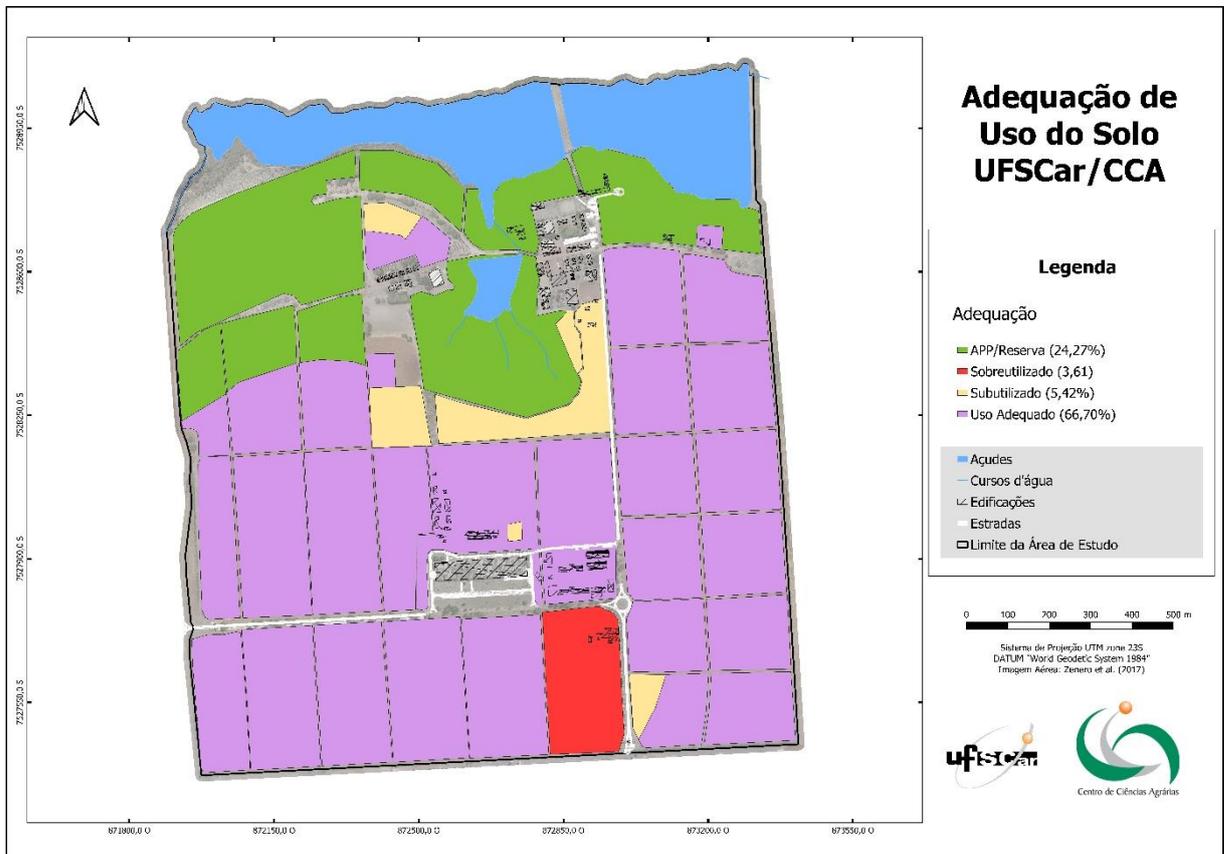
Os solos de classe *IV*, que ocupam 3,54% da área das glebas, apresentam sérios problemas de conservação onde recomenda-se que o cultivo seja realizado apenas ocasionalmente ou em extensão limitada. A subclasse com sua respectiva unidade reconhecida no caso é:

- *IVe-5,s-5*: Solos com erosão em sulcos e baixa saturação em bases (caráter distrófico) (Tabela 1). Para estes, as recomendações são: controle dos sulcos de erosão, plantio em nível, manutenção dos terraços, alternância de capinas, plantio direto (sem aração) e manutenção da cobertura nas entrelinhas.

5.12. Adequação de uso do solo

Ao cruzar os dados de capacidade de uso e uso atual foi possível determinar regiões em que o uso do solo se encontra subutilizado, sobreutilizado e adequado à capacidade de uso (Figura 17 e Tabela 14). A maior parte do solo já está em seu uso adequado (66,70%), sendo em grande parte ocupado pela cultura da cana-de-açúcar, porém 5,42% do solo encontra-se em subutilização, podendo ser explorado de maneira mais intensiva para benefício do centro.

Figura 17. Mapa de adequação do uso do solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).



Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 14. Uso, capacidade e recomendação de uso do solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).

Gleba	Área (ha)	Uso Atual	Unidade de Uso do Solo	Uso Máximo Recomendado
1	28,85	Cana-de-açúcar	IIIe-4,s-5	Culturas Anuais
2	6,32	Cana-de-açúcar	IIIe-8,s-5	Culturas Anuais*
3	0,84	Citros	IIIs-5	Culturas Anuais
4	38,82	Cana-de-açúcar	IIIe-4,s-5	Culturas Anuais
5	2,54	Horticultura	IIIs-5	Culturas Anuais
6	1,57	Fruticultura	IIIs-5	Culturas Anuais
7	0,33	Horticultura	IIIs-5	Culturas Anuais
8	6,35	APP/Reserva Legal	IIIs-5	Culturas Anuais
9	24,33	Cana-de-açúcar	IIIs-5	Culturas Anuais
10	7,11	Rotação de Culturas Anuais	IIIe-8,s-5	Culturas Anuais
11	0,12	Forageiras	IIIe-2	Culturas Anuais
12	0,15	Citros	IIIe-2	Culturas Anuais
13	7,16	Cana-de-açúcar	IIIe-2,s-5	Culturas Anuais
14	7,71	Cana-de-açúcar	IIIe-2	Culturas Anuais
15	20,18	APP/Reserva Legal	IIIe-2	Culturas Anuais
16	1,42	Conservação	IIIe-4,s-5	Culturas Anuais
17	0,73	Culturas Anuais Orgânicas	IIIe-8,s-5	Culturas Anuais
18	0,84	Citros	IIIs-5	Culturas Anuais
19	1,96	Silvicultura	IIIe-4,s-5	Culturas Anuais
20	1,75	Silvicultura	IIIs-5	Culturas Anuais
21	3,03	Pastagem	IIIs-5	Culturas Anuais
22	2,61	APP/Reserva Legal	IIIs-5	Culturas Anuais
23	0,51	Pastagem	IIIs-5	Culturas Anuais
24	13,32	APP/Reserva Legal	IIIs-5	Culturas Anuais

*Esta gleba acomoda o uso de culturas anuais, no entanto, dada a elevada degradação de seus solos recomenda-se que este uso não seja por uma monocultura intensiva.

Fonte: Elaborado pela autora.

A gleba 2 (6,32 ha) encontra-se sobreutilizada, ou seja, seu uso atual é mais intensivo do que o máximo recomendado. Esta gleba, de capacidade de uso /Ve, é limitada, principalmente, pela ocorrência de erosão em sulcos, resultado do uso intensivo pelo cultivo de cana-de-açúcar sem a adoção de práticas de manejo adequadas. De acordo com representantes do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (PMGCA), quando possível é realizado o Plantio Direto nos canaviais do *campus*, no entanto, o que observa-se aplicado no *campus* é o Cultivo Mínimo. Salton *et al.* (1998) explicam que, para que se considere efetiva a aplicação de um Sistema de Plantio Direto (SPD) devem ser atendidos os preceitos de não revolvimento do solo, cobertura permanente e rotação de culturas. Além disso, nota-se que a cana-de-açúcar é cultivada em terraços (Figura 7), que também é considerada uma prática conservacionista quando aplicada da maneira correta e a devida manutenção é realizada. Diante do exposto, ressalta-se a necessidade de pequenas alterações no uso do solo do *campus*, baseado nas limitações e potencialidades de cada gleba, buscando estabelecer o manejo sustentável do solo.

Para a área sobreutilizada (gleba 2) recomenda-se o controle dos sulcos de erosão e a adoção de uma cultura perene, de manejo menos intensivo do solo, ou ainda a destinação da área para conservação. Já para as áreas subutilizadas a recomendação varia de acordo com o uso atual, considerando que cada área está sob responsabilidade de um departamento ou grupo diferente e que estes têm linhas de pesquisa específicas e que demandam áreas disponíveis para suas culturas.

Para as glebas 3, 12 e 18, que atualmente são ocupadas por áreas experimentais da cultura de citros, recomenda-se que seja realizada a implantação de culturas em faixas, intercalando citros com culturas anuais (hortaliças ou forrageiras), além da adoção do cultivo mínimo que, conforme Azevedo *et al.* (2014), possui inúmeras vantagens à cultura, sendo uma delas a conservação do solo por seu mínimo revolvimento.

Para as glebas 19 e 20, ocupadas por silvicultura, recomenda-se a adoção de um sistema de integração Lavoura-Floresta (iLF), aproveitando as potencialidades do solo para implementar culturas anuais junto à floresta. Já para as glebas 21 e 23, atualmente áreas de pastagem, sugere-se a implantação de um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), aproveitando o aparato tecnológico disponível para a pecuária.

6. CONCLUSÃO

O levantamento do meio físico e a classificação de terras pelo Sistema de Capacidade de Uso do Solo no CCA/UFSCar foram essenciais para a compreensão dos impactos das práticas agrícolas adotadas no *campus* sobre o recurso solo, bem como as alternativas de manejo que podem ser implementadas neste espaço para fins de conservação do solo e da água.

A partir dos resultados apresentados, pode-se concluir que os solos do CCA possuem grande potencial agrícola, uma vez que 96,46% da área é apropriada para cultivo anual, silvicultura, pastoreio, vida silvestre e reflorestamento, não havendo necessidade de substituição das principais culturas. No entanto, dadas as principais limitações destes solos, que incluem declives acentuados, ocorrência e risco de erosão, textura argilosa/muito argilosa, suscetibilidade à compactação pelo trânsito de maquinário e caráter distrófico em alguns solos, a adoção de práticas conservacionistas, mais ou menos intensivas, de acordo com as classes de capacidade, é essencial.

Mesmo que se enquadrem no Grupo A, os solos de classe *IV* do campus possuem problemas com erosão causados pelo uso intensivo do solo no monocultivo da cana-de-açúcar. Deste modo, para a gleba 2 é necessário um cuidado maior com a conservação, sendo recomendado o uso menos intensivo da área a fim de preservar e melhorar as características físicas e químicas destes solos. Para estes solos que apresentaram sobreutilização (3,54%), recomenda-se a adoção de práticas conservacionistas intensivas como controle dos sulcos de erosão, plantio em nível, manutenção dos terraços, alternância de capinas, plantio direto (sem aração) e manutenção da cobertura nas entrelinhas, a fim de recuperá-los.

Para os solos em subutilização (5,09%) recomenda-se a intensificação do uso, buscando explorá-los em seu máximo potencial, adotando sempre práticas conservacionistas de manejo para manutenção de sua qualidade.

Deste modo, a fim de manter a sustentabilidade das terras é recomendada a elaboração de um plano de manejo conservacionista adequado para o CCA, além da difusão das técnicas de conservação do solo e da água para os docentes, técnicos e alunos que atuam no manejo das culturas presentes. Espera-se que este material possa embasar tomadas de decisão referentes às rotinas do *campus*, podendo orientar discentes e funcionários em suas atividades, como o planejamento por parte

da Comissão de Espaços Físicos e o manejo da cana-de-açúcar no CCA por parte do PMGCA.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, T.C.; TOLENTINO, R.; SAYEG, H.S.; RAYMUNDO, O. Diagnóstico preliminar das condições ambientais da área de manancial do município de Araras, SP. **Biológico**, São Paulo, v.68, p. 839-843, 2006.

ARAÚJO, Jonathan Almeida de. **Análise geográfica da capacidade de uso do solo na localidade agrícola Massapê no município de Marizópolis – PB**. 2023. 61 f. Monografia (Licenciatura Plena em Geografia), Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2023. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/29467>. Acesso em: 09 out. 2023.

ARAÚJO, Paulo Fernando Cidade de; NICOLELLA, Alexandre (org.). **Contribuição da FAPESP ao desenvolvimento da agricultura do Estado de São Paulo**. São Paulo: FAPESP, 2018. 412 p. Disponível em: <https://fapesp.br/publicacoes/2018/agriculturasp.pdf>. Acesso em: 11 set. 2023.

AZEVEDO, Fernando Alves de; DUVARESCH, Dhiego Leandro; MARTINELLI, Rodrigo; SILVA, Bárbara M. P.; SILVEIRA, Neidiquele Maria; BINOTI, Raquel M.. Manejo da cobertura do solo na citricultura brasileira. **Citrus Research Technology**, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 85-95, 2014. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/2236-3122.20140008>.

BACK, Alvaro José; GARCEZ, Juliano Gonçalves; WILDNER, Leandro do Prado; BASSANI, Marcelo Henrique; GOLIN, André Sperry. O reconhecimento do terraceamento como prática de agricultura conservacionista em Santa Catarina, Brasil. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 7, n. 12, p. 119048-119066, 29 dez. 2021. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n12-595>.

BALBINO, Luiz Carlos; CORDEIRO, Luiz Adriano Maia; OLIVEIRA, Priscila de; KLUTHCOUSKI, João; GALERANI, Paulo Roberto; VILELA, Lourival. Agricultura sustentável por meio da integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 138, p. 1-18, jun. 2012. Disponível em: [http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/67E9CCA96D48CF6685257A84004F5D7D/\\$FILE/IA-2012-138.pdf](http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/67E9CCA96D48CF6685257A84004F5D7D/$FILE/IA-2012-138.pdf). Acesso em: 11 jan. 2024.

BARBOSA, A. F.; OLIVEIRA, E. F.; MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C.. The Application of the Universal Soil Loss Equation by Using Free and Available Softwares. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, [S.L.], v. 38, n. 1, p. 170, 24 ago. 2015. Instituto de Geociências - UFRJ. http://dx.doi.org/10.11137/2015_1_170_179.

BASSANI, M.H; GARCEZ, J.G.; BORTOLANZA, D.R.; SOCCOL, J.J.; PERGHER, M.; MOTA, M.R.; RAMOS, J.C.; WILDNER, L.P.; JUSTEN, J.G.K. **O terraceamento passo a passo**. Florianópolis: EPAGRI, 2023. 32p. (EPAGRI. Boletim Didático, 170).

BERNARDELLI, Valéria Coghi; LUPINACCI, Cenira Maria. ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS PROVOCADAS PELA URBANIZAÇÃO NO CENÁRIO DE 2010: O CASO DAS VERTENTES DO BAIXO CURSO DO CÓRREGO DO FACÃO EM ARARAS (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17., 2010, Campinas. **Anais eletrônicos...** Instituto de Geociências – Unicamp, 2010. P. 6446-6451. Disponível em: <http://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbfga/article/view/2337>. Acesso em: 30 ago. 2023.

BERTOL, Oromar João; AZEVEDO, Manoel Luiz de; BRAGAGNOLO, Enio Antonio; BODNAR, Antonio. **Manejo e Conservação do Solo e da Água**. Curitiba: CREA-PR, 2016. (Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar).

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

CAMPOS, S.; NARDINI, R. C.; BARROS, Z. X. de; CARDOSO, L. G. Sistema de Informações Geográficas Aplicado à Espacialização da Capacidade de Uso da Terra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 174–179, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/3887>. Acesso em: 7 jan. 2024.

CARVALHO, E. J. M.; FREITAS, P. L. de. Plantio direto: caminho para a agricultura sustentável. In: ENCONTRO TÉCNICO: "TECNOLOGIAS PARA A PRODUÇÃO DE ARROZ NO SUDESTE PARAENSE", 1., 2008, São Geraldo do Araguaia. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. p. 93-104. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/573572?locale=en>. Acesso em: 10 jan. 2024.

CARVALHO, João Luís Nunes; CERRI, Carlos Eduardo Pellegrino; CERRI, Carlos Clemente. SPD aumenta sequestro de carbono pelo solo. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, n. 9, p. 132-135, jul. 2009. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Ambiente01.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2024.

CCA - CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS. **O Centro**. Disponível em: <https://www.cca.ufscar.br/pt-br/o-centro>. Acesso em: 09 set. 2023.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A.. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 27, n. 4, p. 743-753, ago. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832003000400019>.

DE MARIA, Isabella Clerici; PECHE FILHO, Afonso. Terraceamento complementa proteção da superfície. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, n. 9, p. 140-143, jul. 2009. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Ambiente03.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2023.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; SANTI, A.; DENARDIN, N. A.; WIETHÖLTER, S.. **Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 15 p. (Documentos online). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/969148/diretrizes-do-sistema-plantio-direto-no-contexto-da-agricultura-conservacionista>. Acesso em: 17 jan. 2024.

DIEL, P. S.; COSTA, P. F.; OLIVEIRA, P. S. R.; SILVA, N. L. S.; ROSSET, J. S.. Capacidade de Uso de Solo das Propriedades Rurais na Microbacia do Córrego

Guará no Município de Marechal Cândido Rondon/PR. **Scientia Agraria**

Paranaensis, [S.L.], v. 12, n., p. 400-410, 30 dez. 2013.

<http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v12nsupp400-410>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2023.

FAO - THE FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS.

The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture:

systems at breaking point. Roma: FAO, 2021. 82 p. Disponível em:

<https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb7654en>. Acesso em: 07 jan. 2024.

FASSOLO, P. J.. Importância e uso dos levantamentos de solos e suas relações com o planejamento do uso a terra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8., 1990, Londrina. **Resumos...** Londrina: SEAB; IAPAR, 1990. p. 61-75.

FAVARETTO, N.; NORTON, L. D.; JOERN, B. C.; BROUDER, S. M.. Gypsum Amendment and Exchangeable Calcium and Magnesium Affecting Phosphorus and Nitrogen in Runoff. **Soil Science Society of America Journal**, [S.L.], v. 70, n. 5, p. 1788-1796, set. 2006. Wiley. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2005.0228>.

FIGUEIRÊDO, Maria Cléa Brito de; TEIXEIRA, Adunias S.; ARAÚJO, Lúcia de Fátima Pereira; ROSA, Morsyleide Freitas; PAULINO, Walt Disney; MOTA, Suetônio; ARAÚJO, José Carlos. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 399-409, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522007000400006>.

GUADAGNIN, Jean Cláudio; BERTOL, Ildegardis; CASSOL, Paulo Cezar; AMARAL, André Júlio do. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 277-286, abr. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832005000200013>.

GUIMARÃES, Bernardino Cangussú; OLIVEIRA, Gilmar Gonçalves de; BOGGIONE, Ivaldo Martins; CARVALHO, Julian Silva; FRANCO JÚNIOR, Kleso Silva; LIMA, Leonel Satiro de; PEREIRA, Ricardo Tadeu Galvão; GOMES, Rogério Jacinto; ALBERNAZ, Walfrido Machado (org.). **Mitigação dos efeitos das mudanças climáticas na Agropecuária: água de chuva**. Belo Horizonte: EMATER - MG, 2023. 36 p. Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=87659>. Acesso em: 08 jan. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (Rio de Janeiro). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Ibge, 2012. 275 p. (Manuais técnicos em geociências).

KER, João Carlos. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 17-40, jul. 1997. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11493>. Acesso em: 18 dez. 2023.

KLINGEBIEL, A. A.; MONTGOMERY, P. H.. **Land-Capability Classification**.

Washington: USDA, 1961. 21 p. Disponível em:

<https://www.sandiegocounty.gov/content/dam/sdc/pds/ceqa/JVR/AdminRecord/IncorporatedByReference/Appendices/Appendix-O---Agricultural-Resources-Report/USDA%20NRCS%201961.%20Land-Capability%20Classification.%20Agricultural%20Handbook%20No.%20210.pdf>.

Acesso em: 03 out. 2023.

KOTTEK, Markus; GRIESER, Jürgen; BECK, Christoph; RUDOLF, Bruno; RUBEL, Franz. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated.

Meteorologische Zeitschrift, [S.L.], v. 15, n. 3, p. 259-263, 10 jul. 2006.

Schweizerbart. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>

LEPSCH, I. F. **Planejamento Conservacionista do Uso do Solo em propriedades agrícolas**. Cap. XX. In: BERTOL, I.; DE MARIA, I.C.; SOUZA, L. S. (eds) Manejo e Conservação do Solo e da Água. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. p. 633-643.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., 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. Campinas: SBCS, 1991, 175p.

LIMA FILHO, S.A., **Levantamento pedológico detalhado do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos**. Araras: Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, UFSCAR, 2000. 17 p. (Boletim Técnico).

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Tolerância de perdas de terras para solos do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975. 12p. (Boletim Técnico, 28).

MACEDO, Manuel Claudio Motta. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.L.], v. 38, n., p. 133-146, jul. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982009001300015>.

MARIN, Fábio Ricardo. **Solo**. 2022. Árvores do Conhecimento - Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pre-producao/caracteristicas/solo>. Acesso em: 18 jan. 2024.

MARTINS FILHO, Marcílio V.; LICCIOTI, Thiago T.; PEREIRA, Gener T.; MARQUES JÚNIOR, José; SANCHEZ, Rodrigo B.. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 8-18, mar. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69162009000100002>.

MARTINS, C.; FERNANDES, R. Processos de degradação do solo: medidas de prevenção. **Vida Rural**, p.34-36, 2017. (Dossier Técnico).

MARTINS, Sérgio Gualberto; SILVA, Marx Leandro Naves; CURI, Nilton; FERREIRA, Mozart Martins. Avaliação de atributos físicos de um latossolo vermelho distroférico sob diferentes povoamentos florestais. **Cerne**, [s. l], v. 1, n. 8, p. 30-42, jan. 2002. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/744/74408103.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024.

NASCIMENTO, Matias da Silva; CRISTO, Crísea Cristina Nascimento de; VALENTE, Ellen Carine Neves; LIMA, André Suêlto Tavares de. CAPACIDADE DE USO DO SOLO DO CAMPUS MARAGOGI. In: ENCONTRO REGIONAL DE AGROECOLOGIA DO NORDESTE, 16., 2017, Rio Largo. **Anais...** Rio Largo: CECA/UFAL, 2017. Disponível em:

<https://www.seer.ufal.br/index.php/era/article/view/3601>. Acesso em: 09 out. 2023.

NORTON, Bryan G.. **Sustainability**: a philosophy of adaptive ecosystem management. Chicago: University Of Chicago Press, 2005. 607 p..

OLIVEIRA, J.B. de; MENK, J.R.F.; BARBIERI, J.L.; ROTTA, C.L.; TREMOCOLDI, W. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo**: Quadrícula de Araras. Governo do Estado de São Paulo, convênio Embrapa, Boletim técnico Instituto Agrônômico nº 71. Campinas São Paulo.1982. 180 p.

PACHECO, Edson Patto; CANTALICE, José Ramon Barros. Compressibilidade, resistência a penetração e intervalo hídrico ótimo de um Argissolo Amarelo cultivado com cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 403-415, abr. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832011000200010>.

PEREIRA, L. C.; TÔSTO, S. G.; VALLADARES, G. S. Avaliação da Capacidade de Uso das Terras da Quadrícula de Araras, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. 1 CD-ROM.

PES, Luciano Zucuni; GIACOMINI, Diego Antonio. **Conservação do Solo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico; Rede E-Tec Brasil, 2017. 69 p. Disponível em:

https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/10_conservacao_solo.pdf. Acesso em: 03 jan. 2024.

PINHEIRO, C. C.; MARINHO; M. de A.; PEREIRA, M. W. M.. Aptidão agrícola e conflitos de uso da terra na Microbacia Hidrográfica do Ceveiro, Piracicaba/SP. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP, 25., 2017. **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2017. Disponível em:

<https://proceedings.science/unicamp-pibic/pibic-2017/trabalhos/aptidao-agricola-e-conflitos-de-uso-da-terra-na-microbacia-hidrografica-do-cevei?lang=pt-br>. Acesso em: 12 set. 2023.

PRADO, H. **Manejo dos solos**: descrições pedológicas e suas implicações. São Paulo: Nobel, 1991. 117 p.

PRADO, Rachel Bardy; TURETTA, Ana Paula Dias; ANDRADE, Aluísio Granato de (org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 486 p.

PRAGANA, Rossanna Barbosa; NÓBREGA, Rafaela Simão Abrahão; RIBEIRO, Mateus Rosas; LUSTOSA FILHO, José Ferreira. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 851-858, jun. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100->

06832012000300015.

PRIMAVESI, O. M. A. S. P. R.; VIEIRA, S. R.; PRIMAVESI, A. C. P. de A.. Permeabilidade do solo: indicador sensível para manejos diferenciados. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12., 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Embrapa Pecuária Sudeste, 1998. p. 147-148. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/44190/permeabilidade-do-solo-indicador-sensivel-para-manejos-diferenciados>. Acesso em: 19 dez. 2023.

PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR - UFSCAR. **Sobre o Programa**. 2023. Disponível em: <https://www.ridesaufscar.com.br/sobre-o-programa>. Acesso em: 02 dez. 2023.

RAMPIM, L.; TAVARES FILHO, J.; BEHLAU, F.; ROMANO, D. Determinação da capacidade de uso do solo visando o manejo sustentável para uma média propriedade em Londrina-PR. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 28, n. 2, p. 251–264, 2012. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/12341>. Acesso em: 9 out. 2023.

ROQUE, Antoniane Arantes de Oliveira; SOUZA, Zigomar Menezes de; BARBOSA, Ronny Sobreira; SOUZA, Gustavo Soares de. Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 45, n. 7, p. 744-750, jul. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2010000700016>.

SALTON, Júlio Cesar; HERNANI, Luis Carlos; FONTES, Clarice Zanoni. **Sistema Plantio Direto**. Brasília: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. 254 p. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/98258/1/500perguntassistema_plantiodireto.pdf. Acesso em: 22 dez. 2023.

SAMPAIO, Fabrício de Menezes Telo; MENEZES, Stélio Maia; FURTINI, Marcelo Barbosa; RIBEIRO, Kátia Daniela. Correlações entre a permeabilidade e os atributos físicos do solo da sub-bacia do córrego centenário da cidade de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.L.], v. 30, n. 4, p. 798-803, ago. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542006000400030>.

SANTOS, Pablo Grahl dos; BERTOL, Ildegardis; CAMPOS, Mari Lúcia; RAFAELI NETO, Sílvio Luis; MAFRA, Álvaro Luiz. Classificação de terras segundo sua capacidade de uso e identificação de conflito de uso do solo em microbacia hidrográfica. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 11, n. 2, p. 146–157, 2012. Disponível em: <https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5246>. Acesso em: 19 dez. 2023.

SECRETARIA DE AGRICULTURA DE MINAS GERAIS. **Sistema de Plantio Direto completa 50 anos no Brasil, garantindo maior produtividade e sustentabilidade para agro**. 2022. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/agricultura/noticias/sistema-de-plantio-direto-completa-50-anos-no-brasil-garantindo-maior>. Acesso em: 17 jan. 2024.

SERAFIM, M. E.; DE OLIVEIRA, G. C.; DE OLIVEIRA, A. S.; DE LIMA, J. M.; GUIMARÃES, P. T. G.; COSTA, J. C. Sistema conservacionista e de manejo intensivo do solo no cultivo de cafeeiros na região do Alto São Francisco, MG: estudo de caso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 27, n. 6, p. 964–977, 2011. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/12521>. Acesso em: 24 fev. 2024.

SILVA, Jefferson Fernandes do Amaral; PEREIRA, Roberto Guimarães. Panorama global da distribuição e uso de água doce. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 263-280, 31 jul. 2019. Companhia Brasileira de Produção Científica. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2019.003.0023>.

SILVA, Marcos Henrique da. **Classes de Capacidade de Uso do Solo da Bacia Hidrográfica da Serra da Mantiqueira – UGRHI 1**. 2014. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/78849029-65bb-44fd-8951-8f9061f1f399/content>. Acesso em: 01 out. 2023.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO - SIFESP. **Quantificação da vegetação Natural Remanescente Para os Municípios do Estado de São Paulo**. 2009. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/sifesp/2016/12/municipio_maior_porc.pdf. Acesso em: 30 ago. 2023.

SOUZA, Laercio Duarte; SOUZA, Luciano da Silva; XAVIER, Francisco Alisson da Silva. Aptidão agrícola do solo. In: BORGES, Ana Lúcia (ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2021. Cap. 2. p. 27-49. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/226260/1/cap2-livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2023.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; MARTINS, E. de S.; CORREIA, J. R.; CUNHA, T. J. F.. **Solos areno-quartzosos no cerrado: características, problemas e limitações ao uso**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 50 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/101733/1/doc-07.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2023.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.. EFEITOS DO SISTEMA DE PREPARO E DA ROTAÇÃO DE CULTURAS NA POROSIDADE E DENSIDADE DO SOLO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 1, n. 25, p. 395-401, jan. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/ZBcBQL7kpYJ6RtjCgnZDVFP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 jan. 2023.

TAGLIARINI, Felipe de Souza Nogueira; BARROS, Ana Clara de; RODRIGUES, Bruno Timóteo; GARCIA, Yara Manfrin; CAMPOS, Sérgio. Capacidade de Uso do Solo Como Subsídio para Estudos em Bacia Hidrográfica. **Energia na Agricultura**, [S.L.], v. 34, n. 3, p. 418-428, 23 set. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17224/energagric.2019v34n3p418-428>. Acesso em: 9 out. 2023.

TÔSTO, Sérgio Gomes. **Sustentabilidade e Valoração de Serviços Ecosistêmicos no Espaço Rural do Município de Araras, SP**. 2010. 221 f. Tese (Doutorado) - Curso de Desenvolvimento Econômico, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/615858>. Acesso em: 04 jan. 2023.

VALLADARES, G. S.; AVANCINI, C. S. A.; TÔSTO, S. G. **Uso e cobertura das terras do município de Araras**. Circular Técnica On-line, 14. ISSN 14-4182. Campinas: Embrapa, 2008.

WEILL, M. A. M.; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). I - Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 801-814, 2008.

XAVIER, M. V. B.; SANTOS, L. L.; FONSECA, A. P. M.; ALMEIDA, E. S. de.; ALMEIDA, L. V. O.; AGUIAR, R. M. A. S.; DUARTE MOREIRA, C. D.; SEMENSATO, B. D.; FERREIRA, J. M.; OLIVEIRA, P. V. A. de. Capacity of use and soil conservation management of a fragment of Cerrado sensu stricto, Montes Claros-MG. **Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e41410716697, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16697. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16697>. Acesso em: 9 out. 2023.

YOSHIDA, Fernando A.; STOLF, Rubismar. Mapeamento digital de atributos e classes de solos da UFSCar- Araras/SP. **Ciência, Tecnologia & Ambiente**, Araras, v. 3, n. 1, p. 1-11, jul. 2016. Disponível em: https://www.servidores.ufscar.br/hprubismar/hprubismar_ARTIGOS/122._MapeamentoDigitalDeAtributosEclassesDesolos-Stolf.R.pdf. Acesso em: 14 nov. 2023.

ZARONI, Maria José; SANTOS, Humberto Gonçalves dos. **Argissolos**. Embrapa Solos, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/argissolos>. Acesso em: 19 dez. 2023.

ZARONI, Maria José; SANTOS, Humberto Gonçalves dos. **Nitossolos**. Embrapa Solos, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/nitossolos>. Acesso em: 19 dez. 2023.

ZENERO, M. D. O.; BURRÓ, M. F. B.; ZORDÃO, A. M.; MORAIS, J.P.G.; FUJIHARA, R. T. **Imageamento georreferenciado do campus Araras**, 2017.