

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Francielli Aloisio Moratelli

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DO SOLO EM DUAS SUB-
BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO TELES PIRES, SUL DA
AMAZÔNIA BRASILEIRA**

**SINOP
MATO GROSSO - BRASIL
2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Francielli Aloisio Moratelli

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DO SOLO EM DUAS SUB-
BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO TELES PIRES, SUL DA
AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Orientador: Prof. Dr. Adilson Pacheco de Souza
Co-orientador: Prof. Dr. Frederico Terra de Almeida e Dr.
Cornélio Alberto Zolin

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Sinop, na área de concentração Biodiversidade e Bioprospecção, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Linha de pesquisa: Recursos Naturais.

**SINOP
MATO GROSSO - BRASIL
2021**

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M831c Moratelli, Francielli Aloisio.
Caracterização físico-hídrica do solo em duas sub-bacias hidrográficas do rio Teles Pires, sul da Amazônia brasileira / Francielli Aloisio Moratelli. -- 2021
80 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Adilson Pacheco de Souza.

Co-orientador: Frederico Terra de Almeida e Cornélio Alberto Zolin.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Sinop, 2021.

Inclui bibliografia.

1. Atributos do solo. 2. Manejo do solo. 3. Porosidade. 4. Densidade. 5. Condutividade hidráulica. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

FOLHA DE APROVAÇÃO

13/10/2021 09:07

SEI/UFMT - 3810256 - MESTRADO - Folha de Aprovação



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
FOLHA DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: Caracterização físico-hídrica do solo em duas sub-bacias hidrográficas do rio Teles Pires, sul da Amazônia brasileira

AUTOR (A): MESTRANDO (A) **Francieli Aloisio Moratelli**

Dissertação defendida e aprovada em 20/08/2021.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Doutor(a) Adilson Pacheco de Souza (Presidente Banca / Orientador)
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
2. Doutor(a) Daniel Fonseca de Carvalho (Examinador Externo)
INSTITUIÇÃO: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
3. Doutor(a) Wininton Mendes da Silva (Examinador Externo)
INSTITUIÇÃO: Empresa Mato-grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural EMPAER-MT
4. Doutor(a) Ciro Augusto de Souza Magalhães (Examinador Suplente)
INSTITUIÇÃO: Embrapa Agrossilvipastoril
5. Doutor(a) Handrey Borges Araujo (Examinador Suplente)
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Sinop, 20/08/2021.



Documento assinado eletronicamente por **ADILSON PACHECO DE SOUZA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 31/08/2021, às 14:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wininton mendes da silva, Usuário Externo**, em 01/09/2021, às 11:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Fonseca de Carvalho, Usuário Externo**, em 01/09/2021, às 12:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3810256** e o código CRC **FDE435B3**.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que me auxiliaram ao longo desta caminhada, em especial à minha família pelo incentivo aos estudos e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio incondicional e incentivo em todos os dias da minha vida, em especial aos meus pais, Fausto e Irene e minha irmã Bruna.

Ao Igor Almeida, que sempre me apoiou, me ouviu, e me incentivou nessa caminhada.

Ao meu orientador, Dr. Adilson Pacheco de Souza, por não medir esforços para a realização desse projeto, tanto em campo abrindo arduamente as trincheiras, como partilhando com paciência seu conhecimento ao longo desse mestrado.

Aos meus co-orientadores, Dr. Frederico Terra de Almeida e Dr. Cornélio Alberto Zolin, pelo apoio prestado durante todo o desenvolvimento do projeto.

Aos professores do curso, em especial ao professor Dr. Onã Freddi que contribuíram para formação do conhecimento.

Aos colegas de laboratório e projeto, em especial a Aline, Marco Aurélio, Daniela, pela oportunidade do convívio, risadas e pela cooperação mútua durante estes dois anos.

À equipe de campo, Adilson, Herculis, Rafael, Marco Aurélio, Aline, Daniela, Jones, Matheus, Marcelo e Fernanda, que enfrentaram várias expedições de campo sob sol e chuva, e foram essenciais para que este trabalho fosse concluído satisfatoriamente.

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e apoio constantes.

Aos técnicos da Embrapa e a equipe do laboratório de física do solo da UFMT, em especial Adriel e Giovani que me auxiliaram no desenvolvimento das análises em laboratório,

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM) pela oportunidade de realização deste trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa.

EPÍGRAFE

“A persistência é o menor caminho do êxito”.
(Charles Chaplin)

RESUMO

O monitoramento da qualidade do solo por meio de seus atributos físico-hídricas é importante para a avaliação do efeito do uso e ocupação do solo, pois possibilita diagnosticar as mudanças no ambiente e subsidiar ações adequadas para conservação dos recursos naturais. Objetivou-se com o estudo caracterizar os atributos físico-hídricos do solo em diferentes usos e ocupação de duas sub-bacias hidrográficas do Alto e Médio Teles Pires, denominadas de rio Caiabi e rio Renato, respectivamente. A avaliação foi realizada durante a estação chuvosa, entre os meses de novembro de 2019 a maio de 2020. Foram coletadas amostras de solo com estrutura deformada e indeformada sob três condições de uso e ocupação do solo: mata nativa (MN), pastagem (PA), e lavoura (LV), em três regiões das sub-bacias (Nascente, Médio e Foz) nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Os atributos do solo avaliados foram: granulometria, densidade de partículas (Dp), densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), teor de água na capacidade de campo (θ_{CC}) e no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}), condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}) e capacidade de água disponível no solo (CAD). Os resultados demonstram que o uso e ocupação do solo afeta significativamente os atributos físico-hídricos do solo. Constatou-se que para as duas bacias hidrográficas o solo sob áreas antropizadas apresentou degradação da qualidade físico-hídrica quando comparado com áreas de mata nativa. Na bacia do rio Caiabi, os maiores valores de K_{sat} ($159,08 \text{ mm h}^{-1}$) foram observados em mata nativa. Na bacia do rio Renato e do rio Caiabi, o solo sob pastagem e lavoura convencional reduziu a macroporosidade (até $0,07 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), considerados restritivos ao desenvolvimento de plantas. Além disso, houve um aumento da densidade do solo e conseqüentemente redução da porosidade total, no solo sob lavoura e pastagem, indicando que as alterações nos atributos do solo sob sistemas de produção agropecuários convencionais podem contribuir para a compactação do solo, redução da infiltração da água e aumento do escoamento superficial, e conseqüentemente acelerar processos erosivos.

Palavras-chave: Atributos do solo; manejo do solo; porosidade; densidade; condutividade hidráulica.

ABSTRACT

Monitoring soil quality through its hydro-physical attributes is important for assessing the impact of land use and occupation, as it allows for the diagnosis of environmental changes and the subsidization of appropriate actions for natural resource conservation. The purpose of this study was to characterize the hydro-physical attributes of soils under different uses and occupations in two hydrographic sub-basins of the Upper and Middle Teles Pires river known as Rio Caiabi and Rio Renato, respectively. The assessment was conducted from November 2019 to May 2020, during the rainy season. Soil samples with deformed and undisturbed structure were collected in three regions of the sub-basins (spring, middle, and mouth) at depths of 0,00-0,10, 0,10-0,20, and 0,20-0,40 m under three conditions of use and occupation of the soil: native forest (NF), pasture (PA), and tillage (TI). Particle size, particle density (D_p), soil density (D_s), total porosity (Pt), macroporosity (Ma), microporosity (Mi), water content at field capacity (θ_{CC}) and permanent wilting point (θ_{PWP}), saturated soil hydraulic conductivity (K_{sat}), and soil available water capacity (AWC) were all evaluated. The findings indicate that land use and occupation have a significant impact on the hydro-physical attributes of the soil. It was discovered that for the two hydrographic basins, soil under anthropized areas had lower hydro-physical quality than areas of native forest. The highest values of K_{sat} ($159,08 \text{ mm h}^{-1}$) were found in native forest in the Caiabi river basin. The soil under pasture and conventional tillage in the Renato and Caiabi river basins reduced the macroporosity (up to $0,07 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), which is considered restrictive to plant development. Furthermore, there was an increase in soil density and, as a result, a decrease in total porosity in the soil under tillage and pasture, indicating that changes in soil attributes under conventional agricultural production systems can contribute to soil compaction, decreased water infiltration, and increased surface runoff, thus accelerating erosive processes.

Keywords: Soil attributes; soil management; porosity; density; hydraulic conductivity.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Bacia hidrográfica do Rio Renato, afluente do rio Teles Pires na região Sul da Amazônia (estado de Mato Grosso), indicando os pontos de amostragem do solo.....	22
Figura 2. Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Renato no ano de 2020, afluente do rio Teles Pires.....	23
Figura 3. Capacidade de água disponível (CAD) do solo (0,00 a 0,40 m de profundidade) em diferentes usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Renato, Mato Grosso.....	31
Figura 4. Representação dos componentes principais entre os atributos na A) profundidade de 0,00-0,10 m, B) 0,10-0,20 m, C) 0,20-0,40 m. Ma: macroporosidade, Mi: microporosidade, Pt: porosidade total, Ds: densidade aparente, θ_{PMP} : teor de água do solo no ponto de murcha permanente, θ_{CC} é o conteúdo de água do solo na capacidade de campo, CAD: capacidade de água disponível.....	35

CAPÍTULO II

Figura 1. Local de estudo, o bioma, os pontos de amostragem nos diferentes usos e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Caiabi, em que: A) Lavoura (LV), B) Mata Nativa (MN), Pastagem (PA)	48
Figura 2. Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Caiabi no ano de 2019.....	50
Figura 3. Capacidade de água disponível (CAD) do solo (0,00 a 0,40 m de profundidade) em diferentes usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, Mato Grosso. LV: Lavoura, MN: Mata	59
Figura 4. Análise de componentes principais (ACP) biplot com a representação dos componentes principais entre os atributos do solo, em que: a) profundidade de 0,00-0,10 m, b) 0,10-0,20 m e c) 0,20-0,40 m. Ma: macroporosidade, Mi: microporosidade, Pt: porosidade total, Ds: densidade aparente, K_{sat} : condutividade hidráulica do solo saturado. θ_{PMP} : teor de água do solo no ponto de murcha permanente, θ_{CC} é o conteúdo de água do solo na capacidade de campo, CAD: capacidade de água disponível.....	64

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Carbono orgânico total (COT) (%) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Renato, MT, 2020.....	23
Tabela 2. Distribuição granulométrica e classificação textural do solo, em diferentes profundidades e regiões da bacia hidrográfica do rio Renato, Mato Grosso.....	25
Tabela 3. Densidade de partículas (Dp) (Mg m^{-3}) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Renato, MT, 2020.....	26
Tabela 4. Macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (Pt) ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Renato, MT, 2020.....	27
Tabela 5. Densidade do solo (Ds) (Mg m^{-3}) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Renato, MT, 2020.....	29
Tabela 6. Umidade volumétrica no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) e na capacidade de campo (θ_{CC}) ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Renato, MT, 2020.....	30
Tabela 7. Análise de correlação de Pearson entre os atributos do solo nas profundidades de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m da bacia hidrográfica do rio Renato, Mato Grosso.....	33
Tabela 8. Resumo dos principais componentes principais obtidos na ACP dos atributos físicos do solo sob diferentes usos e ocupação na bacia hidrográfica do rio Renato.....	34

CAPÍTULO II

Tabela 1. Carbono orgânico total (COT) (%) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.....	49
Tabela 2. Granulometria e classificação textural do solo em diferentes profundidades e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.....	53
Tabela 3. Densidade de partículas (Dp) e do solo (Ds) (Mg m^{-3}) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.....	54

Tabela 4. Macroporosidade (Ma), Microporosidade (Mi) e Porosidade total (Pt) ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.....	55
Tabela 5. Condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}) (cm h^{-1}) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.....	56
Tabela 6. Coeficientes de correlação simples entre K_{sat} e os atributos do solo na bacia hidrográfica do rio Caiabi.....	57
Tabela 7. Umidade volumétrica no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) e na capacidade de campo (θ_{CC}), em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.....	58
Tabela 7. Correlação entre cada componente principal e variáveis analisadas e análise fatorial dos atributos do solo com os componentes (CP 1, 2, e 3) em diferentes uso e ocupação do solo, região e profundidade na região de transição Cerrado-Amazônia.....	60

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL DA DISSERTAÇÃO.....	13
REFERÊNCIAS.....	15
CAPÍTULO I - Efeitos do uso e ocupação em atributos físicos do solo em uma bacia hidrográfica na região sul da Amazônia.....	18
Resumo.....	19
Abstract.....	19
Introdução.....	20
Materiais e métodos.....	21
Resultados e discussão.....	25
Conclusões.....	36
Agradecimentos.....	37
Referências.....	37
CAPÍTULO II - Qualidade físico-hídrica do solo de uma bacia hidrográfica na transição Cerrado/Amazônia.....	44
Resumo.....	45
Abstract.....	45
Introdução.....	46
Materiais e métodos.....	47
Resultados.....	52
Discussão.....	61
Conclusões.....	65
Agradecimentos.....	66
Referências.....	66
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
APÊNDICE A - Localização dos pontos de amostragem de solo em diferentes usos e ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica do rio Renato.....	71
APÊNDICE B - Localização dos pontos de amostragem de solo em diferentes usos e ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica do rio Caiabi.....	72
ANEXO 1 – Normas da Revista Sociedade & Natureza.....	73
ANEXO 2 – Normas da Revista Brasileira de Ciências Ambientais.....	77

INTRODUÇÃO GERAL DA DISSERTAÇÃO

O sul da Amazônia brasileira abriga atualmente a maior fronteira agrícola do mundo, e passa por um processo acelerado de conversão da floresta nativa para áreas de agricultura e pecuária (LAMMEL et al., 2015; GOLLNOW et al., 2018; LANGE et al., 2019). Neste sentido, o estado Mato Grosso que abrange parte deste bioma é o maior produtor de soja e com a maior área coberta por pastagens no Brasil (GALFORD et al., 2010; DOMINGUES; BERMAN, 2012). Por outro lado, o desmatamento aliado a queimadas e revolvimento do solo podem alterar os atributos físico-hídricos das camadas superficiais do solo (SCHEFFLER et al., 2011), como também provocar impactos diretos em recursos naturais como qualidade da água, saúde do solo e biodiversidade.

Os principais impactos ambientais do desmatamento incluem a perda de biodiversidade, a intensificação de processos erosivos (BORRELLI et al., 2017), redução dos serviços ecossistêmicos do solo (ROCHA JUNIOR et al., 2020) e alteração dos padrões climáticos com a redução da disponibilidade de água e chuvas regionais e aumento da emissão de CO₂, que agravam a mudança climática global (RUIZ AGUDELO et al., 2020).

Mudanças no uso e ocupação da terra podem afetar significativamente os atributos do solo, e assim prejudicar sua qualidade produtiva assim como sua capacidade de prestar serviços ecossistêmicos (HAGHIGHI; GORJI; SHORAF, 2010). A qualidade do solo se refere à sua capacidade de desempenhar adequadamente suas funções dentro dos limites naturais ou gerenciados do ecossistema, para sustentar a produtividade vegetal e animal, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar e apoiar a saúde humana e habitação (KARLEN et al.; 1997). Portanto, a qualidade dos solos está diretamente relacionada com o estado de seus atributos químicos, físicos e biológicos.

A qualidade física do solo pode ser descrita por alguns de seus atributos, a saber: textura do solo, agregação, porosidade e densidade do solo e condutividade hidráulica do solo saturado (CARDOSO et al., 2013). A densidade do solo é influenciada diretamente pelos diferentes usos do solo, uma vez que altera sua estrutura e modifica as propriedades físico-hídricas importantes, como a distribuição e tamanho dos poros, retenção de água no solo, a água disponível às plantas e a resistência à penetração (KLEIN, 2014). Alterações na porosidade do solo, além de modificar as taxas de trocas gasosas, alteram a disponibilidade de água para as plantas (FERREIRA et al., 2010).

Mudanças em atributos do solos como densidade do solo, resistência à penetração, porosidade, condutividade hidráulica próxima à superfície, infiltração e condutividade hidráulica saturada são descritas como possíveis consequências de alterações no uso da terra (DIONIZIO; COSTA, 2019).

Por isso, o uso e ocupação do solo é um dos fatores mais relevantes a ser considerado no monitoramento de bacias hidrográficas (MOREIRA et al., 2015), pois permitem identificar o impacto de diferentes usos na conservação do solo e água. Em um manejo integrado e adequado de bacias hidrográficas, o solo é o agente responsável pelo processamento da água na bacia (Gomes et al., 2012), devendo ser diagnosticadas todas as alterações no usos do solo por meio de atributos sensíveis às mudanças pois, um manejo inadequado que altere a porosidade e reduza a infiltração pode potencializar processos erosivos (AMARAL, 2018).

No estado de Mato Grosso, a bacia hidrográfica do rio Teles Pires se destaca por apresentar grande importância socioeconômica e ambiental para o estado. Dentre as regiões da bacia do rio Teles Pires, o Alto e o Médio Teles Pires, com 26 e 57,7% da área da bacia, se destacam por representarem 17% do PIB de Mato Grosso (SEPLAN, 2017). As sub-bacias do rio Caiabi (Alto) e rio Renato (Médio) apresentam importância significativa para o contexto regional, com diferentes condições de usos e ocupação do solo.

Portanto, monitorar a qualidade do solo por meio de seus atributos físico-hídricos é importante para a compreensão da dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera e dos impactos do uso e manejo de solos ao agroecossistema. Os atributos físico-hídricos são capazes de fornecer informações para o desenvolvimento de projetos de irrigação e drenagem, para o estabelecimento de sistemas de manejo de solo e água, para estimativa da suscetibilidade do solo à erosão, manejo agrícola, capacidade de armazenamento de água no solo, assim como para modelagem hidrológica (SILVA, 2010).

No intuito de testar as hipóteses de que os atributos físico-hídricos do solo diferem entre diferentes regiões de uma bacia hidrográficas e que diferentes manejos e uso do solo alteram os atributos físico-hídricos nas diferentes regiões de bacias hidrográficas, o texto será apresentado em dois capítulos: Capítulo I - Efeitos do uso e ocupação em atributos físicos do solo em uma bacia hidrográfica na região sul da Amazônia; Capítulo II - Qualidade físico-hídrica do solo de uma bacia hidrográfica na transição Cerrado/Amazônia. Neste contexto, o objetivo geral desse trabalho foi avaliar o efeito do uso e ocupação nos atributos físicos-hídricos do solo, em diferentes regiões da bacia hidrográfica do rio Renato e rio Caiabi, afluentes do rio Teles Pires.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, J. R. **Caracterização físico-hídrica dos solos da bacia do Córrego Marinheiro, Sete Lagoas – MG**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia, Minas Gerais, 2018.

BORRELLI, P. et al. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, 2017.

CARDOSO, E. J. B. N. et al. Soil health: Looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4, p. 274–289, 2013.

DIONIZIO, E. A.; COSTA, M. H. Influence of land use and land cover on hydraulic and physical soil properties at the cerrado agricultural frontier. **Agriculture (Switzerland)**, v. 9, n. 1, p. 1–14, 2019.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na amazônia: Da pecuária à soja. **Ambiente e Sociedade**, v. 15, n. 2, p. 1–22, 2012.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de Sistemas de Manejo de Pastagens nas Propriedades Físicas do Solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010.

GALFORD, G. L. et al. Greenhouse gas emissions from alternative futures of deforestation and agricultural management in the southern Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 46, p. 19649–19654, 2010.

GOLLNOW, F. et al. Scenarios of land-use change in a deforestation corridor in the Brazilian Amazon: combining two scales of analysis. **Regional Environmental Change**, v. 18, n. 1, p. 143–159, 2018.

GOMES, M. A. et al. Solos, manejo e aspectos hidrológicos na bacia hidrográfica do Araújos, Viçosa - MG. **Revista Arvore**, v. 36, n. 1, p. 93–102, 2012.

HAGHIGHI, F.; GORJI, M.; SHORAFI, M. A study of the effects of land use changes on soil physical properties and organic matter. **Land Degradation and Development**, v. 21, n. 5, p. 496–502, 2010.

KARLEN, D.L. et al. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:4-10, 1997.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. 3. ed. Passo Fundo: UPF Editora, 2014. v. 01. 263p.

LAMMEL, D. R. et al. Land use, soil and litter chemistry drive bacterial community structures in samples of the rainforest and Cerrado (Brazilian Savannah) biomes in Southern Amazonia. **European Journal of Soil Biology**, v. 66, p. 32–39, 2015.

LANGE, A. et al. Degradação do solo e pecuária extensiva no norte de Mato Grosso Soil degradation by the extensive livestock in the southern amazon of the state of Mato Grosso. **Nativa**, v. 7, p. 642–648, 2019.

MOREIRA, T. R. et al. Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no Município de Muqui, ES. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 141–152, 2015.

ROCHA JUNIOR, P. R. et al. Soil quality indicators to evaluate environmental services at different landscape positions and land uses in the Atlantic Forest biome. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 7, p. 100047, 2020.

RUIZ AGUDELO, C. A. et al. Land use planning in the amazon basin: Challenges from resilience thinking. *Ecology and Society*, v. 25, n. 1, 2020.

SCHEFFLER, R. et al. Soil hydraulic response to land-use change associated with the recent soybean expansion at the Amazon agricultural frontier. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 144, n. 1, p. 281–289, 2011.

SEPLAN - Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso, 2017. Disponível em: <http://www.seplan.mt.gov.br/-/10948977-produto-interno-bruto-municipios>

SILVA, J. R. L. Caracterização físico-hídrica de três bacias experimentais do estado de Pernambuco para suporte à modelagem hidrológica. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 2010.

CAPÍTULO I.

**EFEITOS DO USO E OCUPAÇÃO NOS ATRIBUTOS FÍSICOS
DO SOLO EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA NA REGIÃO SUL DA
AMAZÔNIA**

O presente manuscrito seguirá as padronizações adotadas pelo periódico *Sociedade & Natureza*, no qual presente trabalho será submetido (Anexo “1”).

CAPÍTULO I.

1 **Efeitos do uso e ocupação nos atributos físicos do solo em uma bacia**
2 **hidrográfica na região sul da Amazônia**

3 **Effects of use and occupation on the physical attributes of soil in a**
4 **hydrographic basin in the southern region of the Amazon**

5 **Resumo:** As mudanças no uso do solo podem promover a degradação da sua
6 qualidade física, com reflexos negativos no meio ambiente e na produção
7 agropecuária. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de
8 diferentes usos e ocupação do solo em seus atributos físico-hídricos em distintas
9 regiões de uma bacia hidrográfica no sul da Amazônia brasileira. Foram avaliadas
10 três condições de uso e ocupação do solo: mata nativa (MN), lavoura (LV) e
11 pastagem (PA), considerando três regiões (Nascente, Médio e Foz) da bacia
12 hidrográfica do rio Renato, afluente do rio Teles Pires. Foram avaliadas a
13 granulometria, densidade de partículas (Dp), densidade do solo (Ds), porosidade
14 total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), teor de água na capacidade
15 de campo (θ_{CC}) e no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) e capacidade de água
16 disponível no solo (CAD), nas camadas de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e de 0,20-0,40 m. Os
17 dados obtidos foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, e
18 também foram realizadas análise de correlação e multivariada utilizando-se o
19 método de componentes principais (ACP). Em comparação com a MN, o manejo
20 convencional de PA e LV ocasionou a degradação física do solo, com o aumento da
21 densidade na camada superficial de 1,26 para 1,39 e 1,53 Mg m⁻³ na região do
22 médio, e de 1,18 para 1,50 e 1,62 Mg m⁻³ na foz, e conseqüentemente a redução da
23 macroporosidade e porosidade total. A adoção de práticas conservacionistas em
24 lavoura e pastagem, podem melhorar os atributos físicos do solo em regiões de
25 fronteiras agrícolas no Sul da Amazônia.

26 **Palavras-chave:** manejo do solo; porosidade do solo; água no solo; Teles Pires.

27 **Abstract:** Changes in land use can lead to a deterioration in its physical quality,
28 which has a negative impact on the environment and agricultural production. In
29 this sense, the purpose of this study was to assess the impact of different soil uses
30 and occupations on hydro-physical attributes in different regions of a hydrographic
31 basin located in the southern Brazilian Amazon. Three land use and occupation
32 conditions were evaluated: native forest (NF), tillage (TI), and pasture (PA), in
33 three regions (spring, middle, and mouth) of the Renato river's hydrographic basin,
34 a tributary of the Teles Pires river. The particle size, particle density (Dp), soil
35 density (Ds), total porosity (Pt), macroporosity (Ma), microporosity (Mi), water
36 content at field capacity (θ_{CC}) and permanent wilting point (θ_{PMP}), and soil
37 available water capacity (AWC) were measured in the 0,00-0,10, 0,10-0,20 and
38 0,20-0,40 m layers. The obtained data were subjected to the non-parametric
39 Kruskal-Wallis test, as well as correlation and multivariate analysis using the
40 principal component analysis (PCA) method. In comparison to NF, conventional
41 management of PA and TI caused physical degradation of the soil, with an increase
42 in surface layer density from 1,26 to 1,39 and 1,53 Mg m⁻³ in the middle region,
43 and from 1,18 to 1,50 and 1,62 Mg m⁻³ at the mouth, and thus a reduction in

44 macroporosity and total porosity. The adoption of conservationist practices in
45 agriculture and pasture can improve the physical properties of the soil in
46 agricultural frontier regions in the southern Amazon.

47

48 **Key words:** soil management; soil porosity; ground water; Teles Pires.

49

50 **1 Introdução**

51

52 O solo é a base física de sustentação da vida na terra. É um recurso natural
53 não renovável a curto prazo que presta importantes serviços ecossistêmicos, como
54 na produção de alimentos, rações, fibras, moderação do clima através da ciclagem
55 de carbono, descarte de resíduos, infiltração e purificação da água, e ciclagem de
56 nutrientes (LAL, 2015; PRADO et al., 2016). No entanto, o uso e manejo
57 inadequados dos solos podem provocar a perda gradual da sua capacidade
58 produtiva e potencializar a degradação dos recursos hídricos por sedimentos e
59 poluentes (HATFIELD; SAUER; PRUEGER, 2001; PERAZZOLI; PINHEIRO;
60 KAUFMANN, 2013; QIN et al., 2020).

61 As alterações no uso da terra são uma das principais causas do
62 comprometimento de recursos naturais como solo, água e biodiversidade e somadas
63 à intensificação da atividade agropecuária na região amazônica (DAMIEN et al.,
64 2017), associada ao desmatamento, contribuem expressivamente para a escassez
65 sazonal dos recursos hídricos. A remoção da vegetação nativa provoca elevadas
66 taxas de emissão de CO₂, perda da biodiversidade, erosão, e interrupção de ciclos
67 hidrológicos (SY et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2018; JHA, 2020).

68 Além dos impactos ambientais, as alterações significativas no uso da terra,
69 resultante da conversão da vegetação nativa em áreas de pastagem e agricultura,
70 podem provocar impactos negativos nos atributos físicos do próprio solo
71 (CARVALHO et al., 2010; CELENTANO et al., 2017). As áreas de pastagens mal
72 manejadas, e de plantios convencionais de monoculturas como soja, milho e algodão
73 submetidas ao manejo intensivo, podem sofrer com processos de compactação e
74 erosão, ocasionando a degradação física do solo (OLIVEIRA; LIMA; VERBURG,
75 2015; ANACHE et al., 2018).

76 Para contornar impactos negativos no solo e nos recursos hídricos é
77 fundamental conhecer suas propriedades físico-hídricas a fim de possibilitar
78 tomadas de decisão eficientes na implantação dos manejos (SANTOS et al., 2017).
79 Além disso, em análises ambientais, é importante considerar essas propriedades
80 do solo e suas possíveis variações em escalas espaciais maiores, como em bacias
81 hidrográficas, evitando abordagens locais em propriedades. Nesse caso, têm-se que
82 essas áreas são sensíveis às mudanças que ocorrem no uso da terra e por isso
83 respondem aos estresses sofridos por meio de perdas de solo e água, mesmo que em
84 maiores escalas temporais dependendo da área de drenagem (ALIYARI et al.,
85 2019).

86 Para monitorar as perdas de solo, água e a biodiversidade em bacias
87 hidrográficas é indispensável a caracterização dos atributos físicos do solo, pois
88 estes respondem pelas alterações em curto prazo, que podem comprometer a
89 qualidade do ecossistema (CASTIONI et al., 2018) permitindo o entendimento dos
90 processos erosivos. Neste sentido, alguns indicadores de qualidade física do solo
91 têm sido fundamentais, como: a densidade do solo e densidade de partículas
92 (RUEHLMANN, 2020), porosidade, condutividade hidráulica e capacidade de água
93 disponível no solo (SOARES et al., 2016; FU et al., 2019).

94 A capacidade de água disponível no solo é um indicador importante para o
95 desenvolvimento da planta e equilíbrio hídrico e energético da biosfera terrestre,
96 pois controla a taxa de evapotranspiração e é fundamental para a produção
97 agrícola (MINASNY E MCBRATNEY, 2017). Desse modo, em fronteiras agrícolas
98 como no estado de Mato Grosso, em que o Cerrado e a Amazônia são considerados
99 como *hotspots* globais na produção de grãos e carne bovina por meio da expansão
100 da agricultura e pecuária (ARVOR et al., 2012; GARRETT et al., 2018; TOLOI et
101 al., 2019), aumenta-se a necessidade de diagnósticos da situação física dos solos,
102 nos seus diferentes usos, incluindo a comparação com áreas de vegetação nativa
103 (matas), visando análises mais eficientes dos manejos que vêm sendo adotados.

104 Diante da importância de caracterizar os atributos físicos do solo para
105 contribuir com ações voltadas para o manejo e conservação da água e do solo, o
106 objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do uso e ocupação nos atributos físico-
107 hídricos do solo, em diferentes regiões da bacia hidrográfica do rio Renato (afluente
108 da margem direita do rio Teles Pires), no sul da Amazônia brasileira.

109

110 **2 Materiais e métodos**

111

112 O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Renato, localizada entre
113 os municípios de Itaúba e Cláudia, Mato Grosso, Brasil, e situado entre as latitudes
114 54°56'40,95" e 55°18'47,30" S e longitudes 10° 40' 47,87" e 11° 40' 47,87" O, com
115 altitude mínima e máxima de 273 e 524 m, respectivamente. A bacia do rio Renato
116 possui área de 1336,8 km², comprimento axial de 65,9 km e uma rede de drenagem
117 de 553,5 km, e está inserida na parte média da bacia hidrográfica do rio Teles Pires,
118 na região sul da Amazônia. Pela classificação de Köppen, o clima da região é do
119 tipo Aw (clima tropical de savana), com duas estações hídricas bem definidas: seca
120 (entre maio e setembro) e chuvosa (outubro a abril), com temperatura média anual
121 de 25,6 °C e precipitações anuais de 1934 mm (SOUZA et al., 2013).

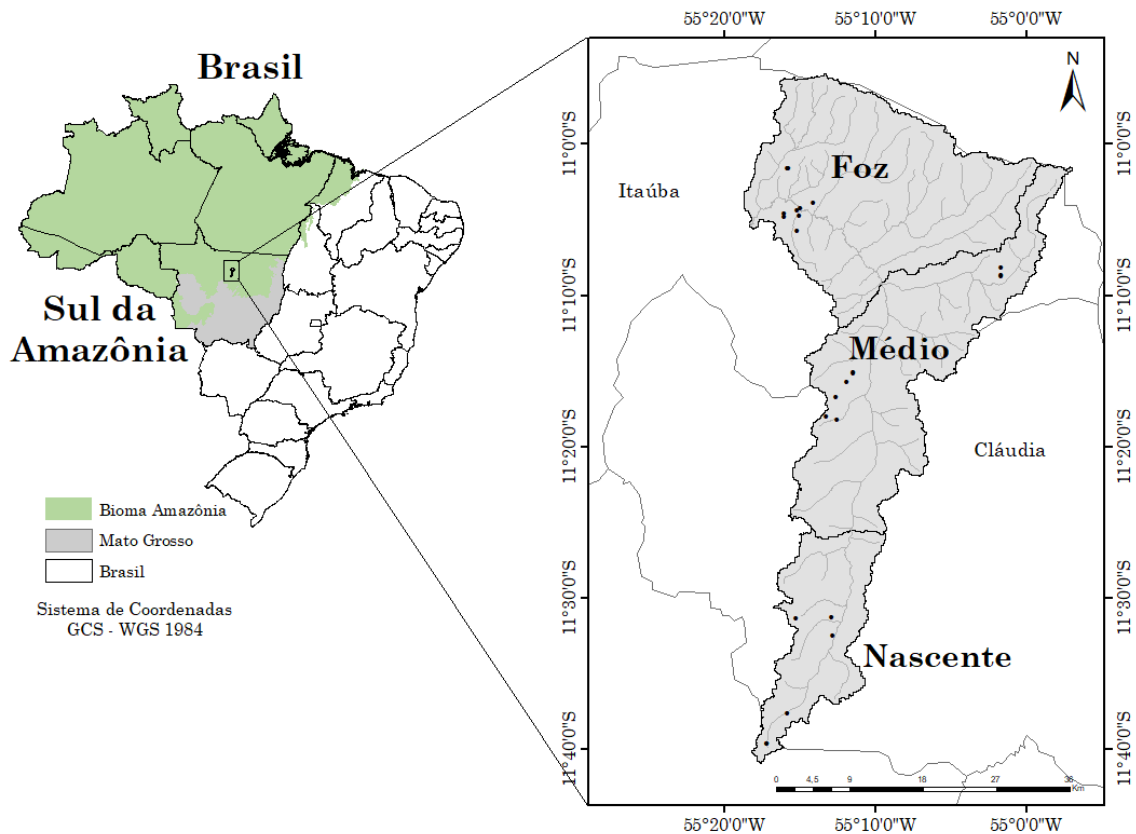
122 De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (Embrapa,
123 2018), a bacia hidrográfica do rio Renato apresenta caracterização pedológica com
124 predominância de solos classificados como Latossolo Vermelho distrófico (LVd), e
125 Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd) em alguns pontos nas regiões da
126 nascente e foz da bacia, com relevo plano a forte ondulado (0-29 %).

127 Foram coletadas amostras de solo em áreas com no mínimo 5 anos do mesmo
128 uso do solo e em diferentes regiões da bacia hidrográfica. As coletas foram
129 realizadas entre novembro de 2019 e maio de 2020, em 24 pontos amostrais

130 distribuídos nas três regiões da bacia denominadas de: Nascente, Médio e Foz
 131 (Figura 1), nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, em três
 132 condições de uso e ocupação: i) lavoura (LV); ii) mata nativa (MN); e iii) pastagem
 133 (PA); e com 5 repetições (amostras) por profundidade, uso e região da bacia.

134

135 Figura 1. Bacia hidrográfica do Rio Renato, afluente do rio Teles Pires na região
 136 Sul da Amazônia (estado de Mato Grosso), indicando os pontos de amostragem do
 137 solo.



138

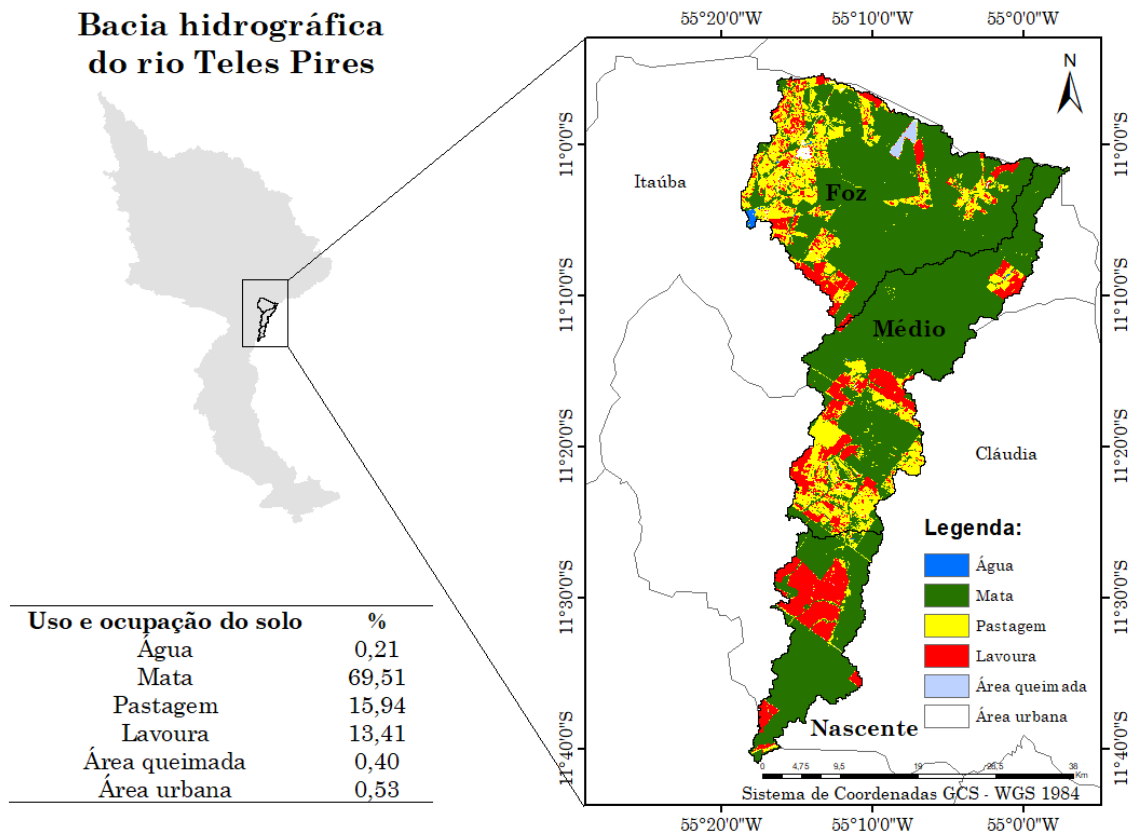
139

Fonte: Os autores.

140

141 A bacia hidrográfica do rio Renato é ocupada predominantemente por áreas
 142 de mata nativa (69,51%), seguida de pastagem (15,94%) e lavoura (13,41) (Figura
 143 2). Assim, foram realizadas coletas de solo em condições de uso e ocupação que
 144 maior representassem as formas de uso da terra na bacia. As coletas em MN foram
 145 realizadas em áreas preservadas de vegetação natural, em floresta tropical
 146 ombrófila, preferencialmente com localização adjacente aos pontos LV e PA,
 147 dependendo das vias de acesso. Em LV, foram selecionadas áreas em que o uso está
 148 relacionado com o cultivo sucessivo de soja e milho, enquanto, em PA, foram
 149 selecionadas áreas com *Brachiaria brizantha* (Braquiária), com pastejo
 150 permanente de gado.

151 Figura 2. Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Renato no ano de
 152 2020, afluente do rio Teles Pires.



153

154

Fonte: Os autores.

155 O teor de carbono orgânico total (COT) no solo da bacia hidrográfica do rio
 156 Renato sob diferentes usos e ocupação do solo é apresentado na Tabela 1. Há em
 157 média um teor de COT de 3,42% na região da nascente, 0,89% no médio e 0,86%
 158 na foz.

159

160 Tabela 1. Carbono orgânico total (COT) (%) em diferentes profundidades, usos e
 161 regiões da bacia hidrográfica do rio Renato, MT, 2020.

Atributo	Profundidade	×	Uso	Região		
				Nascente	Médio	Foz
COT (%)	0 – 0,10 m		LV	5,72	0,86	0,85
			PA	2,24	1,39	1,91
			MN	3,57	1,34	0,18
	0,10 – 0,20 m		LV	5,61	0,71	0,67
			PA	1,60	0,85	1,25
			MN	3,28	0,85	0,79
	0,20 – 0,40 m		LV	4,53	0,57	0,54
			PA	1,21	0,78	0,99
			MN	2,98	0,63	0,52

162 As amostras de solo indeformadas foram coletadas no centro das camadas,
 163 em anéis volumétricos com 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro. As análises dos
 164 atributos físicos seguiram metodologia descrita pela Embrapa (2017). As amostras
 165 indeformadas foram saturadas por 24 horas, e posteriormente colocadas na mesa
 166 de tensão até a drenagem da água contida nos macroporos, sob tensão de -0,01
 167 MPa para a determinação da microporosidade (Mi), sendo considerada como a
 168 umidade volumétrica na capacidade de campo (θ_{CC}). A porosidade total (Pt) foi
 169 determinada pelo método indireto, relacionando a densidade do solo (Ds) e a
 170 densidade de partículas (Dp), enquanto a macroporosidade (Ma) foi obtida pela
 171 diferença entre Pt e Mi. A Ds foi determinada pela relação de massa do solo seco a
 172 105 °C e o volume do anel volumétrico (EMBRAPA, 2017).

173 Para a determinação da análise granulométrica, Dp e teor de água no ponto
 174 de murcha permanente (θ_{PMP}), as amostras deformadas de solo foram secas ao ar e
 175 passadas em peneira com malha de 2 mm. A granulometria foi obtida pelo método
 176 da pipeta, com solução de hidróxido de sódio 1 mol L⁻¹ (NaOH) como agente
 177 dispersante e agitação por 16 horas a 50 rpm. A Dp foi obtida pelo método do balão
 178 volumétrico (EMBRAPA, 2017), enquanto que, para a determinação de θ_{PMP} , as
 179 amostras de TFSA foram colocadas em cilindros de PVC, saturadas e inseridas na
 180 câmara de pressão de Richards com tensão de -1,5 MPa. A capacidade de água
 181 disponível no solo (CAD), definida como o conteúdo de água no solo entre a
 182 capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, foi obtida pela Equação 1:

183

$$CAD = \sum_{i=1}^n (\theta_{CCi} - \theta_{PMPi}) \cdot z_i \quad (1)$$

184

185 Em que: θ_{CCi} = teor de água do solo na capacidade de campo, na i-ésima
 186 profundidade (m³ m⁻³); θ_{PMPi} = teor de água do solo no ponto de murcha
 187 permanente, na i-ésima profundidade (m³ m⁻³); z_i – i-ésima profundidade do solo
 188 (mm); n– número de camadas.

189

190 Os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis a
 191 5% de probabilidade, com o software STATISTICA versão 6.0 (STATSOFT, 2001).
 192 As variáveis estudadas também foram submetidas à análise de correlação de
 193 Pearson e análise multivariada de componentes principais (ACP). A análise
 194 multivariada dos atributos físicos do solo foi avaliada após a padronização dos
 195 valores originais para média igual a 0 e variância igual a 1, a fim de compor as
 196 variáveis utilizadas na ACP. O critério adotado para a escolha do número de
 197 componentes foi selecionar aquelas que apresentaram autovalores acima de 1,00 e
 198 conseguiram sintetizar uma variância acumulada acima de 70% (HAIR JR et al.,
 199 2005). Assim, utilizando a ACP foi possível verificar as relações entre os atributos
 200 do solo e quais foram mais importantes na variabilidade do estudo.

201 3 Resultados e discussão

202

203 As três regiões da bacia hidrográfica apresentam granulometrias distintas
 204 (Tabela 2) devido às diferentes texturas ao longo da bacia, com solos de textura
 205 franco-argilo-arenosa na região da nascente, areia-franca no médio e franco-
 206 arenosa na foz. De maneira geral, a fração areia aumentou da nascente para a
 207 região do médio, seguido da foz na bacia hidrográfica, com conseqüente redução da
 208 fração argila. As maiores concentrações de argila e silte foram observadas na região
 209 da nascente, em solo com textura franco argilo-arenosa.

210

211 Tabela 2. Distribuição granulométrica e classificação textural do solo, em
 212 diferentes profundidades e regiões da bacia hidrográfica do rio Renato, Mato
 213 Grosso.

Uso	Nascente			Médio			Foz		
	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia
-----g kg ⁻¹ -----									
0,00-0,0,10 m									
LV	222 ABa	137 Aa	641 ABb	61 Ab	61Ab	878 Aa	95 Ab	85 Ab	820 Aa
PA	288 Aa	117 Aa	595 Bb	37 Ab	41 Ab	922 Aa	98 Ab	102 Aa	800 Ab
MN	163 Ba	118 Aa	719 Ab	63 Ab	81 Aa	856 Aa	148 Aa	82 Aa	770 Aab
0,10-0,0,20 m									
LV	220 ABa	126 Aa	654 Ab	63 Ab	87 Aa	850 Aa	104 Bb	89 Aa	807 Aa
PA	239 Aa	120 Aa	641 Ac	58 Ab	47 Ab	895 Aa	124 ABb	90 Aab	786 Ab
MN	162 Bab	124 Aa	714 Ab	90 Ab	79 Aab	831 Aa	183 Aa	70 Ab	747 Aab
0,20-0,0,40 m									
LV	223 Aa	137 Aa	640 Ab	97 Ab	90 Aa	813 Aa	100 Bb	105 Aa	795 Aa
PA	294 Aa	144 Aa	562 Ab	94 Ac	78 Ab	828 Aa	171 ABb	69 Ab	760 ABb
MN	250 Aa	135 Aa	615 Ab	79 Ab	112 Aa	809 Aa	221 Aa	115 Aa	664 Ba
Textura:	Franco argilo-arenosa			Areia-franca			Franco-arenosa		

LV: Lavoura, PA: Pastagem, MN: Mata nativa. Letras maiúsculas iguais na coluna (para uma mesma região e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais na linha (para uma mesma fração, uso do solo e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

214 De acordo com Rizzardi et al. (2014), a textura tem influência no
 215 comportamento físico-hídrico do solo, e por isso, sua avaliação é de grande
 216 importância para o uso e manejo dos solos agrícolas. Solos arenosos possuem maior
 217 macroporosidade e menor porosidade total, facilitando a movimentação de água no
 218 solo, enquanto que, solos argilosos apresentam maior microporosidade e
 219 porosidade total, permitindo melhor capacidade de retenção de água no solo
 220 (INDORIA; SHARMA; REDDY, 2020).

221 A caracterização da composição granulométrica dos solos em diferentes
 222 regiões de bacia hidrográfica ainda é importante, principalmente em biomas e/ou
 223 transições com elevado potencial de conversão da cobertura vegetal. Nas regiões do
 224 médio e foz da bacia, os solos são considerados mais frágeis, do ponto de vista
 225 ambiental para exploração agropecuária, sendo necessário o uso de práticas
 226 conservacionistas (SALVIANO et al., 2016).

227 Menores valores de Dp foram observados na camada superficial do solo (0-
 228 0,10 m) (Tabela 3), que apresenta maiores conteúdos de matéria orgânica
 229 propiciando menores proporções de frações minerais (RUEHLMANN, 2020). A
 230 região da bacia hidrográfica também influenciou a Dp, sendo observados menores
 231 valores na região da nascente (2,47 a 2,62 Mg m⁻³), independentemente do uso e
 232 ocupação do solo. Durante as coletas notou-se maiores conteúdos de raízes e
 233 coloração escura para os solos da região da nascente, mesmo aqueles já convertidos
 234 em lavoura e pastagem. Por outro lado, nas regiões médio e foz da bacia pode ter
 235 ocorrido maior deposição de minerais pesados (como quartzo) de forma coluvial e,
 236 sobretudo, aluvial (RUEHLMANN, 2020), proporcionando maiores densidades de
 237 partículas (2,67 a 2,77 Mg m⁻³). Solos com maior teor de argila tendem a reter mais
 238 carbono pela formação de agregados mais estáveis (CAMPOS, 2006).
 239

Tabela 3. Densidade de partículas (Dp) (Mg m⁻³) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Renato, MT, 2020.

Atributo	Profundidade ×	Uso	Região		
			Nascente	Médio	Foz
Dp (Mg m ⁻³)	0 – 0,10 m	LV	2,49 ABb	2,70 Aa	2,75 Aa
		PA	2,59 Ab	2,67 Aab	2,69 Aa
		MN	2,47 Bb	2,70 Aa	2,69 Aa
	0,10 – 0,20 m	LV	2,62 Ab	2,74 Aa	2,73 Aa
		PA	2,62 Ab	2,76 Aa	2,71 Aab
		MN	2,62 Aa	2,64 Ba	2,68 Aa
	0,20 – 0,40 m	LV	2,61 Ab	2,77 Aa	2,76 Aa
		PA	2,66 Aa	2,69 Aa	2,76 Aa
		MN	2,60 Ab	2,71 Aa	2,77 Aa

LV: Lavoura, PA: Pastagem, MN: Mata nativa. Letras maiúsculas iguais na coluna (para uma mesma região e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (p<0,05). Letras minúsculas iguais na linha (para um mesmo uso do solo e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (p<0,05).

240 A macroporosidade variou entre 0,09 e 0,28 m³ m⁻³ e, de maneira geral, os
 241 maiores volumes de macroporos foram encontrados em áreas de MN, diferindo
 242 significativamente de LV e PA na nascente, e na camada superficial do médio e foz
 243 (Tabela 4). Considerando que o desenvolvimento de plantas tem sido associado a
 244 uma macroporosidade mínima de 0,10 m³ m⁻³ (VIZIOLI; CAVALIERI-POLIZELI;
 245 BARTH, 2018) pode-se afirmar que os solos da bacia hidrográfica apresentam boas
 246 condições de aeração, com exceção da camada superficial da pastagem na região da
 247 foz. Em condições inferiores a esse limite (0,10 m³ m⁻³) ocorre impacto negativo na
 248 difusão de oxigênio para o desenvolvimento de raízes.

249 Em áreas de PA na foz da bacia hidrográfica, o pisoteio animal ocasionou
 250 mudanças na qualidade física do solo, com aumento da Ds e conseqüentemente
 251 redução de Ma, além de comprometer a infiltração de água no solo e assim
 252 favorecer o escoamento superficial, que podem gerar alterações nas características
 253 naturais de drenagem do solo e causar erosão (KURZ; O'REILLY; TUNNEY, 2006;
 254 HERBIN et al., 2011). Ao avaliarem os atributos de um Latossolo sob diferentes

255 usos na floresta amazônica Valladares et al. (2011) observaram que em áreas de
 256 pastagem, o pisoteio animal causou aumento da densidade do solo e redução do
 257 volume de macroporos. Polanía-Hincapié et al. (2021) obtiveram resultados
 258 semelhantes, com diminuição da macroporosidade em áreas de pastagens quando
 259 comparadas com a vegetação nativa da Amazônia boliviana. Neste sentido, uma
 260 redução da macroporosidade pode levar à má drenagem, baixa aeração das raízes
 261 e degradação do solo (STOLF et al., 2011).

262

Tabela 4. Macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (Pt) ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Renato, MT, 2020.

Atributo	Profundidade	×	Uso	Região		
				Nascente	Médio	Foz
Macroporosidade (Ma)	0 – 0,10 m		LV	0,11 Bb	0,21 Ba	0,15 Bb
			PA	0,15 Ba	0,20 Ba	0,09 Cb
			MN	0,22 Ab	0,28 Aa	0,24 Aab
	0,10 – 0,20 m		LV	0,12 Bb	0,20 Aa	0,20 Aa
			PA	0,14 Bb	0,23 Aa	0,13 Bb
			MN	0,20 Aab	0,25 Aa	0,15 ABb
	0,20 – 0,40 m		LV	0,14 Bb	0,21 Aa	0,21 Aa
			PA	0,15 Bb	0,21 Aa	0,18 Aab
			MN	0,21 Aa	0,24 Aa	0,19 Aa
Microporosidade (Mi)	0 – 0,10 m		LV	0,45 Aa	0,22 Ab	0,26 Bb
			PA	0,40 ABa	0,28 Ab	0,35 Aab
			MN	0,35 Ba	0,25 Ab	0,32 ABab
	0,10 – 0,20 m		LV	0,47 Aa	0,22 Ab	0,23 Bb
			PA	0,39 Ba	0,24 Ab	0,30 ABb
			MN	0,35 Ba	0,25 Ab	0,33 Aa
	0,20 – 0,40 m		LV	0,45 Aa	0,24 Ab	0,24 Ab
			PA	0,41 Aa	0,24 Ab	0,28 Ab
			MN	0,33 Ba	0,27 Aa	0,31 Aa
Porosidade Total (Pt)	0 – 0,10 m		LV	0,56 Aa	0,43 Bb	0,41 Bb
			PA	0,55 Aa	0,48 ABab	0,44 Bb
			MN	0,57 Aa	0,53 Aa	0,56 Aa
	0,10 – 0,20 m		LV	0,59 Aa	0,42 Ab	0,43 Ab
			PA	0,53 Aa	0,47 Aab	0,43 Ab
			MN	0,55 Aa	0,50 Aa	0,48 Aa
	0,20 – 0,40 m		LV	0,59 Aa	0,45 Ab	0,45 Ab
			PA	0,56 Aa	0,45 Ab	0,46 Ab
			MN	0,54 Aa	0,51 Aa	0,50 Aa

LV: Lavoura, PA: Pastagem, MN: Mata nativa. Letras maiúsculas iguais na coluna (para uma mesma região e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais na linha (para um mesmo uso do solo e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

263 Em relação à região da bacia hidrográfica, ocorre um aumento de Ma na
264 região do médio em função do aumento do teor de areia na composição
265 granulométrica. Por possuírem partículas maiores, em geral solos mais arenosos
266 apresentam também maior espaço poroso, ou seja, maior Ma quando comparado
267 com solos com maiores teores de argila.

268 A Mi ocupa alto percentual do espaço poroso dos solos (22 a 47%) (Tabela 4).
269 Na região de nascente, maior Mi foi observada na conversão da MN para LV em
270 todas as profundidades e em PA na camada mais profunda, assim como na região
271 da foz em que houve maior volume de microporos na camada superficial,
272 corroborando com Azevedo e Sverzuto (2007). Ao avaliarem atributos físicos e
273 químicos do solo sob pastagem no sudoeste do estado de Mato Grosso, os autores
274 observaram maiores valores de Mi em áreas pastagem quando comparadas com
275 matas nativas.

276 Nas regiões do médio e foz da bacia hidrográfica do rio Renato foram obtidos
277 valores de Mi variando de 0,22 a 0,32 m³ m⁻³, com valores inferiores a 0,33 m³ m⁻³,
278 que segundo Lima et al. (2007) é considerado valor mínimo ideal. No entanto, como
279 os solos das regiões da bacia hidrográfica apresentam texturas diferentes (Tabela
280 2), sendo areia-franca e franco-arenoso para região do médio e foz, explica-se
281 valores baixos de Mi em função das elevadas concentrações de areia. A Mi é
282 altamente influenciada pela textura, visto que solos com maiores teores de argila
283 favorecem maior Mi em função dos microagregados da partícula de argila,
284 enquanto que, solos arenosos, por possuírem partículas maiores, apresentam
285 espaço poroso constituído por poros de maiores diâmetros (macroporos), e assim,
286 também apresentam menor Pt (KLEIN; REICHERT; REINERT, 2006).

287 O efeito dos usos do solo na porosidade total (Pt) foi observado apenas na
288 camada superficial das regiões do médio e foz do rio Renato, com maiores valores
289 nas áreas de MN, quando comparado com LV e PA. Uma Pt de 0,50 m³ m⁻³ é
290 considerada ideal para um solo bem estruturado e com condições físicas
291 satisfatórias para o desenvolvimento de plantas (LIMA et al., 2007), porém valores
292 inferiores foram observados em LV e PA no médio e foz da bacia hidrográfica. Os
293 sistemas de produção associados a manejos intensos dos solos reduzem a Pt quando
294 comparado com áreas de vegetação nativas (OLIVEIRA; LIMA; VERBURG, 2015).
295 Dessa forma, comprometer a Pt é reduzir a capacidade que os solos têm de prestar
296 serviços ecossistêmicos, além de comprometer os recursos hídricos e limitar a
297 produção agropecuária (SINGH; SALARIA; KAUL, 2015). Por outro lado, os
298 maiores valores de Pt em LV e PA foram observados na região de nascente,
299 corroborando com os maiores teores de argila (Tabela 1). A Pt do solo está
300 relacionada, sobretudo com a estrutura e textura do solo, sendo que solos mais
301 arenosos tendem a apresentar maior Ma e solos argilosos apresentam maiores Mi
302 e Pt (RESENDE et al., 2012).

303 A Ds não diferiu significativamente entre os usos do solo na nascente, no
304 entanto para a camada superficial e intermediária (0,00-0,10 e 0,10-0,20 m) nas
305 regiões do médio e foz do rio Renato, sob PA e LV observou-se um aumento de Ds
306 quando comparado com MN (Tabela 5). Os valores de Ds variaram entre 1,05 Mg
307 m⁻³ na Nascente a 1,62 Mg m⁻³ na Foz, valores semelhantes aos observados por
308 Lange et al. (2019) que ao avaliarem o uso do solo cultivado com pastagem por 10

309 e 20 anos sem correções e áreas de mata na região Amazônica, observaram que a
 310 Ds variou de 1,20 a 1,60 Mg m⁻³, com um aumento da Ds na camada superficial na
 311 conversão de área de mata nativa para pastagem. Destaca-se ainda que, os
 312 menores valores de Ds foram observados na região da nascente, que possuem
 313 maiores teores de argila quando comparada às regiões do médio e foz, que
 314 apresentam solos arenosos, indicando a influência da granulometria na densidade
 315 do solo.

316

Tabela 5. Densidade do solo (Ds) (Mg m⁻³) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Renato, MT, 2020.

Atributo	Profundidade	× Uso	Região		
			Nascente	Médio	Foz
Ds (Mg m ⁻³)	0 – 0,10 m	LV	1,10 Ab	1,53 Aa	1,62 Aa
		PA	1,17 Ab	1,39 ABab	1,50 Aa
		MN	1,05 Aa	1,26 Ba	1,18 Ba
	0,10 – 0,20 m	LV	1,07 Ab	1,58 Aa	1,55 Aa
		PA	1,24 Ab	1,47 ABab	1,54 Aa
		MN	1,17 Aa	1,32 Ba	1,39 Ba
	0,20 – 0,40 m	LV	1,07 Ab	1,51 Aa	1,52 Aa
		PA	1,17 Ab	1,47 Aa	1,49 Aa
		MN	1,19 Aa	1,32 Aa	1,39 Aa

LV: Lavoura, PA: Pastagem, MN: Mata nativa. Letras maiúsculas iguais na coluna (para uma mesma região e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (p<0,05). Letras minúsculas iguais na linha (para um mesmo uso do solo e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal (p<0,05).

317

318 Reichert et al. (2003) estabelecem como limites críticos de Ds os valores de
 319 1,55 e 1,65 Mg m⁻³ para solos de textura média (20 a 55% de argila) e de textura
 320 arenosa (< 20% de argila), respectivamente, sendo que valores superiores a esses
 321 indicam restrições para o desenvolvimento radicular. Apesar de a Ds não
 322 apresentar valores acima do limite crítico, é possível observar que a Ds na camada
 323 superficial aumenta em até 20% em áreas de LV no médio, e de 27 a 37% em PA e
 324 LV na foz, respectivamente, em relação a MN. Esse efeito pode estar associado à
 325 redução da macroporosidade por pastejo animal e uso intensivo de máquinas
 326 agrícolas, que promovem compactação (BONETTI et al., 2017).

327 Áreas de pastagem e lavoura mal manejadas induzem a compactação do solo,
 328 o que provoca baixa infiltração e aumento do escoamento superficial, e em caso de
 329 solos argilosos, pode provocar o selamento superficial, que conseqüentemente,
 330 aceleram processos erosivos, e levam ao aumento da perdas de solos, matéria
 331 orgânica, água e nutrientes, além de provocar assoreamento de leito de rios e
 332 riachos, e por fim, comprometer a biodiversidade local (BORRELLI et al., 2017;
 333 POLANÍA-HINCAPIÉ et al., 2021).

334 Embora o uso e ocupação do solo tenha efeito sobre a Ds, esse atributo
 335 relaciona-se também com a textura e o teor de matéria orgânica (HOLTHUSEN et

336 al., 2018). Os solos sob vegetação nativa, por não estarem submetidos ao tráfego de
 337 máquinas e ao pisoteio animal apresentaram, de maneira geral, maiores valores
 338 de M_a e menores valores de D_s (AKINDE; OLAKAYODE; OYEDELE, 2020;
 339 TEEPE; DILLING; BEESE, 2003). As melhores condições físicas do solo em áreas
 340 de MN são proporcionadas pelo incremento de matéria orgânica provenientes da
 341 decomposição de folhas, galhos e raízes, que por sua vez, provocam redução na D_s
 342 pela melhor estruturação do solo e formação de bioporos pela macrofauna edáfica
 343 (CALONEGO; ROSOLEM, 2010; HAO et al., 2019).

344 A umidade volumétrica no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) e na
 345 capacidade de campo (θ_{CC}) também apresentaram relação com os teores de argila e
 346 areia ao longo da bacia hidrográfica (Tabela 6). Independente da tensão, os maiores
 347 níveis de umidade volumétrica foram obtidos na região da nascente, em função dos
 348 maiores teores de argila e M_i . Em estudos com diferentes classes de solos, Rosa
 349 (2018) observou maiores valores de θ_{CC} e θ_{PMP} em solos argilosos quando
 350 comparados com solos arenosos, com θ_{PMP} compreendidos entre 0,10 a 0,32 $m^3 m^{-3}$.

351

352 Tabela 6. Umidade volumétrica no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) e na
 353 capacidade de campo (θ_{CC}) ($m^3 m^{-3}$) em diferentes profundidades, usos e regiões da
 354 bacia hidrográfica do rio Renato, MT, 2020.

Atributo	Profundidade	×	Uso	Região		
				Nascente	Médio	Foz
$\theta_{PMP} (m^3 m^{-3})$	0 – 0,10 m		LV	0,20 Aa	0,07 Ab	0,10 Ab
			PA	0,17 ABa	0,09 Ab	0,12 Ab
			MN	0,14 Ba	0,08 Ab	0,10 Ab
	0,10 – 0,20 m		LV	0,18 Aa	0,07 Ab	0,10 Ab
			PA	0,17 Aa	0,07 Ab	0,08 Ab
			MN	0,15 Aa	0,08 Ab	0,11 Aab
	0,20 – 0,40 m		LV	0,17 Aa	0,09 Ab	0,09 Ab
			PA	0,17 Aa	0,08 Ab	0,08 Ab
			MN	0,17 Aa	0,09 Ab	0,11 Ab
$\theta_{CC} (m^3 m^{-3})$	0 – 0,10 m		LV	0,45 Aa	0,22 Ab	0,26 Bb
			PA	0,40 ABa	0,28 Ab	0,35 Aab
			MN	0,35 Ba	0,25 Ab	0,32 ABab
	0,10 – 0,20 m		LV	0,47 Aa	0,22 Ab	0,23 Bb
			PA	0,39 Ba	0,24 Ab	0,30 ABb
			MN	0,35 Ba	0,25 Ab	0,33 Aa
	0,20 – 0,40 m		LV	0,45 Aa	0,24 Ab	0,24 Ab
			PA	0,41 Aa	0,24 Ab	0,28 Ab
			MN	0,33 Ba	0,27 Aa	0,31 Aa

LV: Lavoura, PA: Pastagem, MN: Mata nativa. Letras maiúsculas iguais na coluna (para uma mesma região e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais na linha (para um mesmo uso do solo e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

355

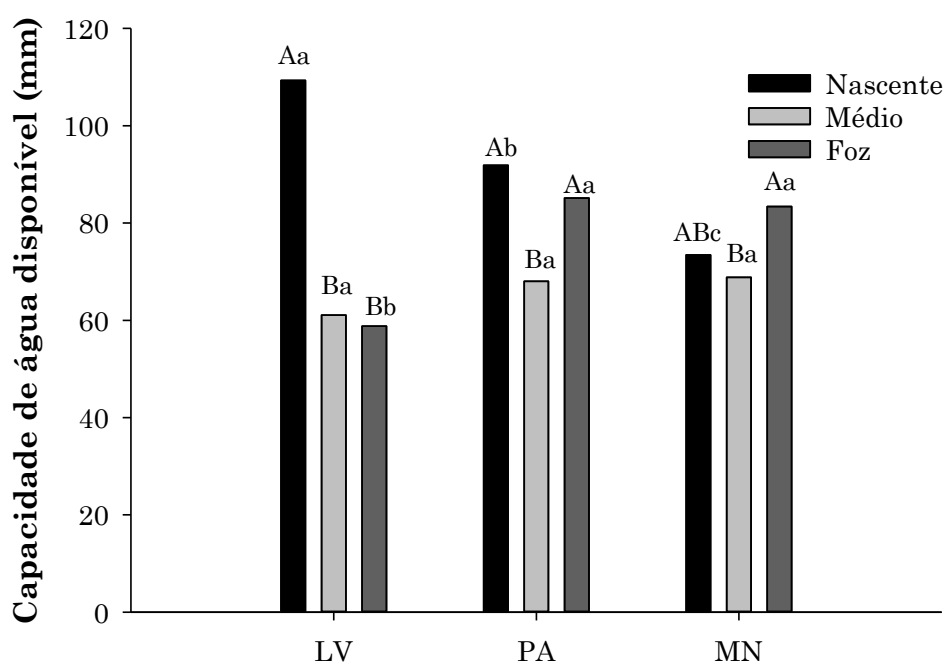
356 Os valores de θ_{PMP} foram homogêneos em relação ao uso do solo,
 357 independente da região da bacia hidrográfica, com exceção da camada superficial
 358 da nascente em que houve maior θ_{PMP} sob LV. De acordo com Jin et al. (2018), o
 359 θ_{PMP} é um atributo hidráulico do solo importante para a produção agrícola, que tem
 360 sido amplamente utilizado na determinação da disponibilidade de água. No
 361 entanto, a quantidade de água no θ_{PMP} é pouco influenciada pelo manejo, sendo
 362 fundamentalmente determinada pelo teor de argila (REYNOLDS et al., 2002).

363 Os valores de θ_{CC} variaram de 0,22 a 0,47 $m^3 m^{-3}$, com menores valores nas
 364 regiões do médio e foz da bacia hidrográfica, que por sua vez, também foram
 365 influenciados pela variação na concentração de areia ao longo da bacia. Observou-
 366 se uma relação inversa no comportamento de θ_{CC} em áreas de LV e PA quando
 367 comparados com MN nas regiões da nascente e da foz. Segundo Reynolds et al.
 368 (2002), o teor de água na θ_{CC} é determinado pela complexa relação entre argila,
 369 densidade do solo e matéria orgânica, que são atributos alterados pelo manejo do
 370 solo.

371 O conteúdo de água disponível no solo (CAD) no perfil de 0,00-0,40 m
 372 apresentou valores variando de 58,81 a 109,33 mm (Figura 3). O comportamento
 373 físico-hídrico do solo está condicionado à estrutura e uma melhor distribuição do
 374 diâmetro dos poros (CARDUCCI et al., 2013), e a diminuição nos valores da CAD
 375 está relacionada com a redução da θ_{CC} e aumento da θ_{PMP} (SOARES et al., 2021).

376

377 Figura 3. Capacidade de água disponível (CAD) do solo (0,00 a 0,40 m de
 378 profundidade) em diferentes usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Renato,
 379 Mato Grosso.



380

381 LV: Lavoura, MN: Mata Nativa, PA: Pastagem. Letras maiúsculas iguais para uma mesma região
 382 não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).
 383 Letras minúsculas iguais para um mesmo uso do solo não diferem significativamente entre si pelo
 384 teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Fonte: Os autores.

385 Houve um aumento significativo da CAD sob LV (109,33 mm), seguida de
386 PA (91,86 mm) na região de nascente. Tais valores podem estar relacionados ao
387 maior conteúdo de matéria orgânica sob esses usos do solo nessa região,
388 corroborando com menor Dp, Ds semelhante à MN e com a ocorrência de maior Mi
389 nessa região, o que pode ter contribuído para um melhor armazenamento de água
390 no solo promovida pela lavoura e pastagem nessa região. Cruz et al. (2014)
391 observaram que a conversão de matas nativas em pastagens adubadas propiciou
392 um aumento nos teores de matéria orgânica do solo, que favoreceu a melhor CAD
393 nesses manejos. Ao avaliarem a retenção de água no solo em dois tipos de Latossolo
394 sob diferentes usos, Beutler et al. (2002) observaram que a Mi e a maior agregação
395 existente são os principais fatores que influenciam na CAD, por permitirem uma
396 maior infiltração e retenção de água no solo.

397 A análise de correlação de Pearson entre os atributos físicos do solo para as
398 diferentes profundidades é apresentada na Tabela 7. De maneira geral, as
399 correlações entre os atributos do solo ocorreram de forma semelhante para todas
400 as profundidades, com exceção da CAD que apresentou maiores correlações na
401 camada intermediária e mais profunda. Na camada de 0,00-0,10 m a CAD se
402 correlacionou positivamente com Mi e negativamente com a Ma. Andrade et al.
403 (2020), observaram melhor correlação da Mi com a CAD. Desse modo, solos com
404 predominância de microporos tendem a armazenar mais água (ANABA et al.,
405 2020). Por outro lado, nas duas camadas subsequentes (0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m),
406 a CAD além das correlações observadas na camada superficial, ainda se
407 correlacionou diretamente com Pt, θ_{PMP} , argila e foi inversamente relacionada a Ds
408 e o teor de areia. De acordo com (COSTA et al., 2016), o armazenamento de água
409 no solo é influenciado pela sua textura, estrutura distribuição dos poros e manejo
410 do solo. Dessa forma, manejos inadequados que provoquem o aumento da Ds com
411 a compactação do solo, faz com que o espaço poroso do seja reduzido, e assim ocorra
412 uma diminuição do potencial de armazenamento de água no solo.

413 O θ_{PMP} correlacionou-se positivamente com θ_{CC} , Mi, Pt, argila, silte e
414 negativamente com o teor de areia e Ds. As mesmas correlações também foram
415 observadas para θ_{CC} , que ainda se correlacionou negativamente com Ma e
416 positivamente com CAD. Resultados semelhantes foram observados por
417 Ghanbarian-Alavijeh e Millán (2009) que apresentaram correlação positiva entre
418 argila e θ_{PMP} . Andrade et al. (2020) observaram correlação entre argila e Ds na
419 variabilidade da capacidade de campo. Kirkham (2014) verificou que as variações
420 na retenção de água na capacidade de campo e ponto de murcha permanente são
421 explicadas pela textura do solo e compactação.

422 Os maiores valores de Ds refletiram na quantidade e tamanho dos poros,
423 tendo em vista a correlação negativa muito forte existente com Mi e Pt. Essas
424 correlações são justificáveis, uma vez que a Pt está inversamente relacionada com
425 a Ds, e a compactação do solo, reduz o volume dos poros e aumenta Ds (CUNHA et
426 al., 2011). Além disso, a Ds correlacionou-se negativamente com argila e
427 positivamente com o teor de areia, justificando assim os maiores valores de Ds nas
428 regiões do médio e foz, que apresentaram textura arenosa (< 20% de argila).
429 Resultados semelhantes também foram observados por Tanveera et al. (2016), em

430 que o conteúdo de areia mostrou uma correlação positiva com a Ds enquanto o teor
431 de argila e Pt foram negativamente correlacionados com a Ds.

432

433 Tabela 7. Análise de correlação de Pearson entre os atributos do solo nas
434 profundidades de 0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m da bacia hidrográfica do rio
435 Renato, Mato Grosso.

0,00-0,10 m											
	Dp	Mi	Ma	Pt	Ds	PMP	CC	Argila	Silte	Areia	CAD
Dp	1,00	-0,59*	0,19	-0,39	0,60*	-0,63*	-0,59*	-0,57*	-0,51*	0,62*	-0,27
Mi		1,00	-0,38	0,62*	-0,68*	0,86*	1,00*	0,75*	0,65*	-0,80*	0,73*
Ma			1,00	-0,39	-0,39	-0,21	-0,38	-0,13	-0,01	0,10	-0,42*
Pt				1,00	-0,97*	0,63*	0,63*	0,59*	0,61*	-0,67*	0,33
Ds					1,00	-0,69*	-0,68*	-0,65*	-0,64*	0,73*	-0,36
PMP						1,00	0,86*	0,82*	0,80*	-0,91*	0,28
CC							1,00	0,75*	0,65*	-0,80*	0,73*
Argila								1,00	0,54*	-0,94*	0,31
Silte									1,00	-0,79*	0,15
Areia										1,00	-0,29
CAD											1,00
0,10-0,20 m											
	Dp	Mi	Ma	Pt	Ds	PMP	CC	Argila	Silte	Areia	CAD
Dp	1,00	-0,57*	0,12	-0,54*	0,67*	-0,65*	-0,57*	-0,65*	-0,48*	0,67*	-0,34
Mi		1,00	-0,43*	0,80*	-0,85*	0,85*	1,00*	0,75*	0,64*	-0,80*	0,88*
Ma			1,00	0,19	-0,15	-0,20	-0,43*	-0,17	-0,05	0,15	-0,53*
Pt				1,00	-0,99*	0,81*	0,80*	0,70*	0,68*	-0,77*	0,59*
Ds					1,00	-0,84*	-0,81*	-0,74*	-0,68*	0,80*	-0,58*
PMP						1,00	0,85*	0,86*	0,75*	-0,92*	0,49*
CC							1,00	0,75*	0,64*	-0,80*	0,88*
Argila								1,00	0,54*	-0,95*	0,45*
Silte									1,00	-0,76*	0,37
Areia										1,00	-0,48*
CAD											1,00
0,20-0,40 m											
	Dp	Mi	Ma	Pt	Ds	PMP	CC	Argila	Silte	Areia	CAD
Dp	1,00	-0,62*	0,13	-0,57*	-0,68*	-0,62*	-0,62*	-0,35	-0,52*	0,49*	-0,43*
Mi		1,00	-0,36	0,83*	-0,84*	0,82*	1,00*	0,69*	0,61*	-0,79*	0,86*
Ma			1,00	0,19	-0,15	-0,13	-0,36	-0,14	0,08	0,07	0,86*
Pt				1,00	-0,99*	0,83*	0,83*	0,65*	0,74*	-0,81*	0,58*
Ds					1,00	-0,85*	-0,84*	-0,65*	-0,75	0,82*	-0,58*
PMP						1,00	0,82*	0,76*	0,71*	-0,88*	0,41*
CC							1,00	0,69*	0,61*	-0,79*	0,86*
Argila								1,00	0,35	-0,91*	0,43*
Silte									1,00	-0,70*	0,33
Areia										1,00	-0,47*
CAD											1,00

436 *Correlação significativa a 5% de probabilidade pelo teste t. Fonte: Os autores.

437 Na ACP para a camada de 0,00 a 0,10 m três fatores foram extraídos, com
 438 autovalores entre 6,90, 1,92 e 1,02, que juntos explicaram 89,46% da variabilidade
 439 total do conjunto de dados (Tabela 8). A CP 1 reteve 62,69% da variância explicada
 440 e foi positivamente correlacionado com M_i , θ_{PMP} , θ_{CC} , e teor de argila e silte, e
 441 negativamente correlacionado com D_p e teor de areia. A CP 2 reteve 17,48% da
 442 variabilidade do estudo e correlacionou-se positivamente com a M_a , P_t e
 443 negativamente com a D_s . Esse componente representou os atributos mais
 444 suscetíveis aos processos de compactação do solo em relação aos sistemas
 445 manejados. A CP 3 reteve 9,29% da variância e foi correlacionada positivamente
 446 com a CAD.

447 Na camada de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m também foram extraídos dois
 448 fatores, em que a CP1 representou mais de 65% da variabilidade e foi constituída
 449 por todos os atributos do solo, com exceção da M_a que foi responsável por mais de
 450 14% da variação do estudo representada pela CP2, para ambas as profundidades.

451

452 Tabela 8. Resumo dos principais componentes principais obtidos na ACP dos
 453 atributos físicos do solo sob diferentes usos e ocupação na bacia hidrográfica do rio
 454 Renato.

Componente	0,00-0,10 m			0,10-0,20 m		0,20-0,40 m	
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2
Autovalor	6,90	1,92	1,02	7,60	1,54	7,20	1,65
Variação %	62,69	17,48	9,29	69,06	14,04	65,48	15,00
Atributo	Correlação ¹						
D_p	-0,72*	-0,01	-0,17	-0,70*	0,15	-0,65*	0,01
M_i	0,71*	0,05	0,68	0,95*	0,27	0,95*	0,28
M_a	-0,20	0,89*	-0,40	-0,22	-0,92*	-0,19	-0,91*
P_t	0,50	0,81*	0,31	0,89*	-0,31	0,91*	-0,31
D_s	-0,60	-0,71*	-0,20	-0,91*	0,31	-0,93*	0,28
θ_{PMP}	0,93*	0,09	0,23	0,94*	-0,08	0,90*	-0,15
θ_{CC}	0,71*	0,05	0,69	0,95*	0,27	0,95*	0,28
Argila	0,84*	0,13	0,24	0,87*	-0,13	0,79*	-0,004
Silte	0,82*	0,22	0,06	0,78*	-0,15	0,72*	-0,36
Areia	-0,93*	-0,18	-0,20	-0,93*	0,15	-0,91*	0,16
CAD	0,09	-0,02	0,98*	0,72*	0,52	0,68	0,57

455 ¹* indica a correlação significativa no componente principal. Fonte: Os autores.

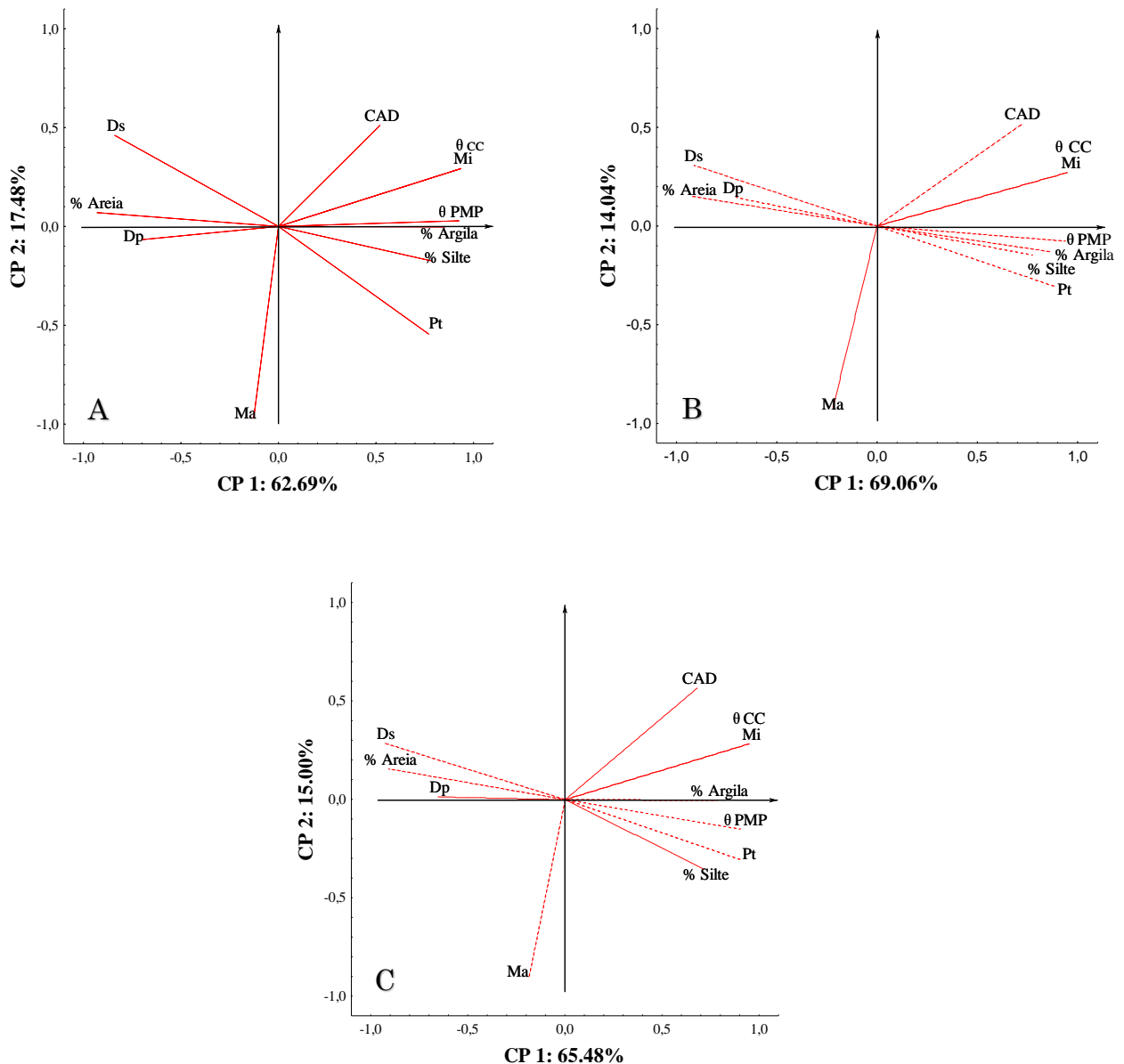
456

457 A Figura 4 representa a distribuição das variáveis na ACP, observa-se que
 458 o arranjo dos atributos do solo foi semelhante em todas as profundidades, em que
 459 CAD e M_i encontram-se em posições opostas a M_a , fortalecendo a alta correlação
 460 negativa entre estes fatores. Os macroporos são responsáveis pela aeração do solo
 461 e tem efeito significativo no fluxo de água e solutos, enquanto poros menores atuam
 462 na retenção (PARAHYBA et al., 2019). Assim, o armazenamento e a redistribuição

463 da água estão associados ao espaço poroso do solo e da distribuição do tamanho dos
 464 poros, que por sua vez são influenciados diretamente pela textura e estrutura do
 465 solo (O'GEEN, 2013).

466

467 Figura 4. Representação dos componentes principais entre os atributos na A)
 468 profundidade de 0,00-0,10 m, B) 0,10-0,20 m, C) 0,20-0,40 m. Ma: macroporosidade,
 469 Mi: microporosidade, Pt: porosidade total, Ds: densidade aparente, θ_{PMP} : teor de água
 470 do solo no ponto de murcha permanente, θ_{CC} é o conteúdo de água do solo na capacidade
 471 de campo, CAD: capacidade de água disponível.



Fonte: Os autores

472 Em relação à textura do solo, os teores de silte e argila encontram-se
 473 fortemente associados à θ_{PMP} . Anaba et al. (2020) observaram que tal
 474 comportamento pode ser explicado pela relação entre os atributos físico-hídricos,

475 uma vez que as frações mais finas (silte e argila) do solo tem maior participação na
476 retenção de água em altos potenciais em função de maiores superfícies específicas

477 Outros atributos do solo como a Ds e Dp também se relacionaram com as
478 frações granulométricas, associadas principalmente ao teor de areia. A Ds e a Dp
479 estão diretamente relacionadas com a textura e matéria orgânica do solo, que por
480 sua vez, são dependentes dos minerais de origem do solo, e nesse caso, minerais
481 como quartzo e feldspatos presentes na areia são mais densos que minerais de
482 argila (DARIM, 2017). Porém, além da mineralogia, o manejo também influencia
483 na Ds, diferentemente da Dp.

484 Estudos realizados por Rocha Junior et al. (2020) corroboram com os
485 resultados obtidos nesse estudo, que ao avaliar os atributos físicos e químicos de
486 um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes usos e paisagens, observaram que
487 a conversão de floresta para áreas de cultivo de café e pastagem diminuiu a
488 qualidade do solo, reduzindo a capacidade dessas áreas prestarem serviços
489 ecossistêmicos. Nesse sentido, as melhores condições físicas do solo em áreas de
490 floresta ou vegetação nativa podem estar associadas à ausência de atividades
491 antrópicas, como o preparo e exposição do solo a práticas que aceleram a erosão
492 (PANAGOS et al., 2015).

493 As principais causas de processos erosivos estão intrinsecamente
494 relacionadas às mudanças no uso da terra, sobretudo na conversão de matas
495 nativas para pastagens mal manejadas, e no preparo de solos agrícolas
496 malconduzidos, que causam compactação e dificultam a dinâmica natural da água
497 no solo, promovendo escoamento superficial e aumentando a suscetibilidade do solo
498 à erosão (BORRELLI et al., 2017).

499 Dessa forma, avaliar a qualidade físico-hídrica do solo é importante para
500 dimensionar o potencial de uso, no intuito de assegurar a produtividade com foco
501 na sustentabilidade dos agroecossistemas, sendo o levantamento físico-hídrico
502 necessário para fornecer informações sobre o manejo do solo e assegurar a tomada
503 de decisões para uma melhor utilização desse recurso (BORRELLI et al., 2017;
504 JARDINI; AMORIM, 2017), e garantir a manutenção da qualidade da água e a
505 sustentabilidade da bacia hidrográfica (MARCATTO; SILVEIRA, 2016). Mudanças
506 no uso e ocupação do solo são as principais formas de alteração dos serviços
507 ecossistêmicos fornecidos pelo solo e devem ser realizadas de forma cautelosa, e
508 respeitando a legislação vigente, principalmente em casos como a bacia
509 hidrográfica do rio Renato, que ainda apresenta majoritariamente áreas ocupadas
510 com matas nativas amazônicas.

511

512 **5 Conclusões**

513

514 Os atributos físicos do solo apresentam variabilidade espacial ao longo da
515 bacia hidrográfica do Rio Renato e sofrem alterações decorrentes da conversão de
516 mata nativa em pastagens e lavouras.

517 Áreas ocupadas com mata nativa apresentam melhores condições físicas do
 518 solo. O uso do solo com lavoura e pastagem convencional promove aumento na
 519 densidade do solo e, conseqüentemente reduções na macroporosidade e porosidade
 520 total nas regiões do médio e foz da bacia hidrográfica.

521 O uso antrópico do solo com lavoura e pastagem em áreas com maior
 522 conteúdo de argila na bacia hidrográfica tendem a aumentar o volume de
 523 microporos, resultando em aumento na CAD.

524 É necessária a implantação de sistemas conservacionistas de produção
 525 agropecuária que contribuam com o aumento da produtividade em lavoura e
 526 pastagem, e indiretamente melhorem os atributos físicos do solo, bem como a
 527 redução de impactos ambientais, sobretudo aos vinculados ao solo, água e
 528 biodiversidade, em regiões de fronteiras agrícolas no Sul da Amazônia.

529

530 **6 Agradecimentos**

531

532 A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil
 533 (CAPES) e Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do Processo
 534 88887.144957/2017-00 (Edital Pró-Recursos Hídricos) e pelo Código de
 535 Financiamento - 001. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e
 536 Tecnológico (CNPq) pelo apoio com as bolsas de iniciação científica e bolsa
 537 produtividade (Processo 308784/2019-7).

538

539 **7 Referências**

540

- 541 AKINDE, B. P.; OLAKAYODE, A. O.; OYEDELE, D. J. Selected physical and
 542 chemical properties of soil under different agricultural land-use types in Ile-Ife ,
 543 Nigeria. **Heliyon**, v. 6, n. 9, p. e05090, 2020.
 544 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05090>
- 545 ALIYARI, F. et al. Coupled SWAT-MODFLOW model for large-scale mixed agro-
 546 urban river basins. **Environmental Modelling & Software**, v. 115, p. 200–210,
 547 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.02.014>
- 548 ANABA, B. D. et al. Soil texture and watering impact on pot recovery of soil-
 549 stripped oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings. **Heliyon**, v. 6, n. 10, p.
 550 e05310, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05310>
- 551 ANACHE, J. A. A. et al. Land use and climate change impacts on runoff and soil
 552 erosion at the hillslope scale in the Brazilian Cerrado. **Science of the Total**
 553 **Environment**, v. 622–623, p. 140–151, 2018.
 554 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.257>
- 555 ANDRADE, F. H. N. et al. Atributos físico-hídricos do solo via funções de
 556 pedotransferência em solos dos tabuleiros costeiros de Pernambuco. **Irriga**, v. 25,
 557 n. 1, p. 69–86, 2020. <https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n1p69-86>

- 558 ARVOR, D. et al. Analyzing the agricultural transition in Mato Grosso, Brazil,
559 using satellite-derived indices. **Applied Geography**, v. 32, n. 2, p. 702–713,
560 2012. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.08.007>
- 561 AZEVEDO, E.C.; SVERZUT, C.B. Alterações dos atributos físicos e químicos do
562 solo sob pastagem no sudoeste do estado de Mato Grosso. **Revista Agricultura**
563 **Tropical**, Cuiabá, v.9, n.1, p.1-17, 2007.
- 564 BEUTLER, A. N. et al. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob
565 diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 829–834,
566 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000300029>
- 567 BONETTI, J. de A. et al. Resilience of soils with different texture, mineralogy
568 and organic matter under long-term conservation systems. **Soil and Tillage**
569 **Research**, v. 174, p. 104–112, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.06.008>
- 570 BORRELLI, P. et al. An assessment of the global impact of 21st century land use
571 change on soil erosion. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, 2017.
572 <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- 573 CAMPOS, B. C. Dinâmica do carbono em sistemas de preparo do solo e de
574 culturas em Latossolo Vermelho Distrófico típico. 2006. 165 f. Tese de Doutorado
575 em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- 576 CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Soybean root growth and yield in rotation
577 with cover crops under chiseling and no-till. **European Journal of Agronomy**,
578 v. 33, n. 3, p. 242–249, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2010.06.002>
- 579 CARDUCCI, C. E. et al. Bimodal pore distribution on soils under conservation
580 management system for coffee crop. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 2, p. 291–
581 302, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000200008>
- 582 CARVALHO, J. L. N. et al. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock
583 systems on soil C stocks in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 110, n. 1, p.
584 175–186, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.07.011>
- 585 CASTIONI, G. A. et al. Soil physical quality response to sugarcane straw removal
586 in Brazil: A multi-approach assessment. **Soil and Tillage Research**, v. 184, p.
587 301–309, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.08.007>
- 588 CELENTANO, D. et al. Towards zero deforestation and forest restoration in the
589 Amazon region of Maranhão state, Brazil. **Land Use Policy**, v. 68, p. 692–698,
590 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.041>
- 591 COSTA, C. D. DE O.; ALVES, M. C.; SOUSA, A. D. P. Armazenamento de água
592 em dois solos sob diferentes usos e manejos. **Revista de Ciências Ambientais**,
593 v. 10, n. 2, 2016. <http://dx.doi.org/10.18316/1981-8858.16.31>
- 594 CRUZ, D. L. de S. et al. Atributos físico-hídricos de um argissolo amarelo sob
595 floresta e savana naturais convertidas para pastagem em Roraima. **Revista**
596 **Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 307–314, 2014.
- 597 CUNHA, E. de Q. et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na
598 produção orgânica de feijão e milho. II - atributos biológicos do solo. **Revista**
599 **Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 589–602, 2011.
600 <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200029>

- 601 DAMIEN, A. et al. Land use sustainability on the South-Eastern Amazon
602 agricultural frontier: Recent progress and the challenges ahead. **Applied**
603 **Geography**, v. 80, p. 86–97, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.02.003>
- 604 DARIM, E. P. **Variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo**
605 **em área irrigada**. Dissertação (Mestrado em Irrigação no Cerrado) - IFGO,
606 Ceres, p. 147, 2017.
- 607 EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: 2017.
- 608 EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília:
609 2018.
- 610 FU, Y. et al. Measuring dynamic changes of soil porosity during compaction. **Soil**
611 **and Tillage Research**, v. 193, p. 114–121, 2019.
612 <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.016>
- 613 GARRETT, R. D. et al. Intensification in agriculture-forest frontiers: Land use
614 responses to development and conservation policies in Brazil. **Global**
615 **Environmental Change**, v. 53, p. 233–243, 2018.
616 <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.09.011>
- 617 GHANBARIAN-ALAVIJEH, B.; MILLÁN, H. The relationship between surface
618 fractal dimension and soil water content at permanent wilting point. **Geoderma**,
619 v. 151, n. 3–4, p. 224–232, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.04.014>
- 620 HAIR JR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. Bookman, 2005.
- 621 HAO, M. et al. Impacts of changes in vegetation on saturated hydraulic
622 conductivity of soil in subtropical forests. **Scientific Reports**, v. 9, p. 8372, 2019.
623 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44921-w>
- 624 HATFIELD, J. L.; SAUER, T. J.; PRUEGER, J. H. Managing soils to achieve
625 greater water use efficiency: A review. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 2, p. 271–
626 280, 2001. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.932271x>
- 627 HERBIN, T. et al. The effects of dairy cow weight on selected soil physical
628 properties indicative of compaction. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 1, p.
629 36–44, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2010.00309.x>
- 630 HOLTHUSEN, D. et al. Soil porosity, permeability and static and dynamic
631 strength parameters under native forest/grassland compared to no-tillage
632 cropping. **Soil and Tillage Research**, v. 177, p. 113–124, 2018.
633 <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2017.12.003>
- 634 INDORIA, A. K.; SHARMA, K. L.; REDDY, K. S. Hydraulic properties of soil
635 under warming climate. In: **Climate Change and Soil Interactions**. Elsevier,
636 2020. p. 473–508. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818032-7.00018-7>
- 637 JARDINI, D. C.; AMORIM, R. S. S. Uso Do Índice S Na Avaliação Da Qualidade
638 Físico-Hídrica De Solos Do Cerrado Matogrossense. **Revista Engenharia Na**
639 **Agricultura - Reveng**, v. 25, n. 2, p. 107–115, 2017.
640 <https://doi.org/10.13083/reveng.v25i2.728>
- 641 JHA, M. K. Impacts of landscape changes on water resources. **Water**
642 **(Switzerland)**, v. 12, n. 8, p. 10–15, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12082244>

- 643 JIN, X. et al. Spatial predictions of the permanent wilting point in arid and semi-
644 arid regions of Northeast China. **Journal of Hydrology**, v. 564, p. 367–375,
645 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.07.038>
- 646 KIRKHAM, M. B. Field Capacity, Wilting Point, Available Water, and the
647 Nonlimiting Water Range. **Principles of Soil and Plant Water Relations**, p.
648 153–170, 2014. <https://doi.org/10.1016/B978-012409751-3/50008-6>
- 649 KLEIN, V. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Água disponível em um
650 Latossolo Vermelho argiloso e murcha fisiológica de culturas. **Revista**
651 **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 646–650,
652 2006. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300016>
- 653 KURZ, I.; O'REILLY, C. D.; TUNNEY, H. Impact of cattle on soil physical
654 properties and nutrient concentrations in overland flow from pasture in Ireland.
655 **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 113, n. 1–4, p. 378–390, 2006.
656 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.10.004>
- 657 LAL, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. **Sustainability**
658 **(Switzerland)**, v. 7, n. 5, p. 5875–5895, 2015. <https://doi.org/10.3390/su7055875>
- 659 LANGE, A. et al. Degradação do solo e pecuária extensiva no norte de Mato
660 Grosso Soil degradation by the extensive livestock in the southern amazon of the
661 state of Mato Grosso. **Nativa**, v. 7, p. 642–648, 2019.
662 <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i6.6838>
- 663 LIMA, C. G. DA R. et al. Correlação linear e espacial entre a produtividade de
664 forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP).
665 **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1233–1244, 2007.
666 <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600002>
- 667 MARCATTO, F. S.; SILVEIRA, H. Relação entre as propriedades físico-hídricas
668 dos solos e os tipos de uso da terra como subsídio ao manejo e conservação do solo
669 e da água na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. **Revista Brasileira de**
670 **Geografia Física**, v. 09, p. 1769–1783, 2016. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.6.p>
- 671 MINASNY, B.; MCBRATNEY, AB. Efeito limitado da matéria orgânica na
672 capacidade de água disponível no solo. **European Journal of Soil Science**,
673 v.69 n. 1, p. 39–47, 2017. <https://doi.org/10.1111/ejss.12475>
- 674 O'GEEN, A. T. Soil Water Dynamics. **Nature Education Knowledge**, v. 4, n. 5,
675 p. 9, 2013.
- 676 OLIVEIRA, D. M. S.; LIMA, R. P. de; VERBURG, E. E. J. Qualidade física do solo
677 sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquido suíno. **Revista**
678 **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 280–285,
679 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p280-285>
- 680 OLIVEIRA, V. A. et al. Land-use change impacts on the hydrology of the upper
681 grande River Basin, Brazil. **Cerne**, v. 24, n. 4, p. 334–343, 2018.
682 <https://doi.org/10.1590/01047760201824042573>
- 683 PANAGOS, P. et al. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe.
684 **Environmental Science and Policy**, v. 54, p. 438–447, 2015.
685 <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>

- 686 PARAHYBA, R. B. V. da et al. Water retention capacity in arenosols and
687 ferralsols in a semiarid area in the state of Bahia, Brazil. **Anais da Academia**
688 **Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 4, p. 1–20, 2019. [https://doi.org/10.1590/0001-](https://doi.org/10.1590/0001-3765201920181031)
689 [3765201920181031](https://doi.org/10.1590/0001-3765201920181031)
- 690 PERAZZOLI, M.; PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V. Efeitos de cenários de uso do
691 solo sobre o regime hídrico e produção de sedimentos na bacia do Ribeirão
692 Concórdia - SC. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 859–869, 2013.
693 <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000500008>
- 694 POLANÍA-HINCAPIÉ, K. L. et al. Soil physical quality responses to silvopastoral
695 implementation in Colombian Amazon. **Geoderma**, v. 386, p. 114900, 2021.
696 <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114900>
- 697 PRADO, R. B. et al. Current overview and potential applications of the soil
698 ecosystem services approach in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.
699 51, n. 9, p. 1021–1038, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900002>
- 700 PRIORI, S. et al. Soil Physical-Hydrological Degradation in the Root-Zone of Tree
701 Crops: Problems and Solutions. **Agronomy**, v. 11, n. 1, p. 68, 2021.
702 <https://doi.org/10.3390/agronomy11010068>
- 703 QIN, C. et al. The impact of soil and water resource conservation on agricultural
704 production- an analysis of the agricultural production performance in Zhejiang,
705 China. **Agricultural Water Management**, v. 240, p. 106268, 2020.
706 <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106268>
- 707 REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e
708 sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, v. 27, 30-48, 2003.
- 709 RESENDE, T. M. et al. Avaliação física do solo em áreas sob diferentes usos com
710 adição de dejetos animais no bioma Cerrado. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 179–
711 184, 2012.
- 712 REYNOLDS, W. D. et al. Indicators of good soil physical quality: density and
713 storage parameters. **Geoderma**, v. 110, p. 131–146, 2002.
714 [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(02\)00228-8](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00228-8)
- 715 RIZZARDI, A. S. et al. Atributos físicos e fluxo de água em solos da bacia
716 hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim – RS. **Revista Monografias Ambientais -**
717 **REMOA**, v. 13, n. 5, p. 3690–3701, 2014.
718 <http://dx.doi.org/10.5902/2236130814260>
- 719 ROCHA JUNIOR, P. R. et al. Soil quality indicators to evaluate environmental
720 services at different landscape positions and land uses in the Atlantic Forest
721 biome. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 7, p. 100047, 2020.
722 <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100047>
- 723 ROSA, S. L. K. **Análise de sensibilidade, calibração e validação da**
724 **produtividade do trigo com o modelo aquacrop na região dos Campos**
725 **Gerais**. 2018, 147 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.
726 Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.
- 727 RUEHLMANN, J. Soil particle density as affected by soil texture and soil organic
728 matter: 1. Partitioning of SOM in conceptual fractions and derivation of a
729 variable SOC to SOM conversion factor. **Geoderma**, v. 375, p. 114542, 1 out.
730 2020. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114542>

- 731 SANTOS, G. O. et al. A study of the impact of land use and occupation on basin
732 water quality through multivariate statistics. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 3,
733 p. 453–462, 2017. [https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n3p453-](https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n3p453-462/2017)
734 [462/2017](https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n3p453-462/2017)
- 735 SALVIANO, A. M. et al. Potencialidades e limitações para o uso agrícola de solos
736 arenosos na região semiárida da Bahia. *Magistra*, V. 28, n. 2, p. 137-148, 2016.
- 737 SINGH, J.; SALARIA, A.; KAUL, A. Impact of soil compaction on soil physical
738 properties and root growth: A review. **International Journal of Food**, v. 5, n.
739 1, p. 23–32, 2015.
- 740 SOARES, M. B. et al. Use of cover crops in the southern Amazon region: What is
741 the impact on soil physical quality? **Geoderma**, v. 384, p. 114796, 2021.
742 <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114796>
- 743 SOARES, M. D. R. et al. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes
744 sistemas de usos na região de Manicoré, AM. **Amazonian Journal of**
745 **Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 1, p. 9–15, 2016.
746 <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2020>
- 747 SOUZA, A. P. DE et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no
748 Estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34–43, 2013.
749 <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>
- 750 STATSOFT, I. **Statistica for Window**, Release 6.0. StatSoft Inc., Tulsa, OK.,
751 2001.
- 752 STOLF, R. et al. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based
753 on sand content and bulk density. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.
754 35, n. 2, p. 447–459, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200014>
- 755 SY, V. et al. Land use patterns and related carbon losses following deforestation
756 in South America. **Environmental Research Letters**, v. 10, n. 12, p. 124004,
757 2015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124004>
- 758 TANVEERA, A.; KANTH, T.A.; TALI, P.A.; NAIKOO, M. Relation of Soil bulk
759 Density with Texture, Total organic matter content and Porosity in the Soils of
760 Kandi Area of Kashmir valley, India. **International Research Journal of**
761 **Earth Sciences**, v. 4, n. 1, p. 1–6, 2016.
- 762 TEEPE, R.; DILLING, H.; BEESE, F. Estimating water retention curves of forest
763 soils from soil texture and bulk density. **Journal of Plant Nutrition and Soil**
764 **Science**, v. 166, n. 1, p. 111–119, 2003. <https://doi.org/10.1002/jpln.200390001>
- 765 TOLOI, M. N. V. et al. Influência do setor agropecuário no desenvolvimento
766 econômico e social dos municípios do estado de Mato Grosso/Brasil. **Revista**
767 **Agrarian**, v. 12, n. 44, p. 237–247, 2019.
768 <https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i44.9211>
- 769 VALLADARES, G. S.; BATISTELLA, M.; PEREIRA, M. G. Alterações ocorridas
770 pelo manejo em Latossolo, Rondônia, Amazônia Brasileira. **Bragantia**, v. 70, n.
771 3, p. 631–637, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000300019>
- 772 VIZIOLI, B.; CAVALIERI-POLIZELI, K. M. V.; BARTH, G. Influência de
773 manejos de azevém sobre as propriedades físicas de um Latossolo Bruno.

774 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 8, p. 952–960, 2018.
775 <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000800010>

CAPÍTULO II.

**QUALIDADE FÍSICO-HÍDRICA DO SOLO DE UMA BACIA
HIDROGRÁFICA NA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA**

O presente manuscrito seguirá as padronizações adotadas pelo periódico *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, no qual o presente trabalho será submetido (Anexo “2”).

CAPÍTULO II.

Qualidade físico-hídrica do solo de uma bacia hidrográfica na transição Cerrado-Amazônia

Soil hydro-physical quality of a hydrographic basin in the Cerrado-Amazon transition region

Resumo: O objetivo do estudo foi avaliar os diferentes usos e ocupação do solo e regiões da bacia hidrográfica na qualidade físico-hídrica do solo. O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Caiabi, afluente do rio Teles Pires, com predominância de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, na região de transição Cerrado e Floresta Amazônica, Brasil. Três usos da terra (lavoura - LV, mata nativa - MN e pastagem - PA) foram avaliados nas regiões da nascente, médio e foz da bacia hidrográfica em três profundidades (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m). Os atributos físico-hídricos analisados foram textura, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, teor de água na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, condutividade hidráulica do solo saturado e capacidade de água disponível no solo. A conversão de áreas de MN em PA e LV têm alterado a qualidade físico-hídrica do solo, influenciando na dinâmica da água no solo, com redução nos valores da condutividade hidráulica (até 2,24 mm h⁻¹). Em LV e PA houve um aumento da densidade do solo na camada de 0,00-0,10 m (até 33% em LV, e 31 % em PA). A PA reduziu a macroporosidade (até 0,07 m³ m⁻³), indicando possíveis problemas de infiltração, difusão de oxigênio e restrição radicular. As regiões da bacia hidrográfica influenciaram nos atributos do solo em função das variações da textura entre nascente e foz, indicando que as alterações nas propriedades do solo decorrem do manejo, assim como da composição granulométrica das regiões.

Palavras-chave: manejo do solo; uso do solo; atributos do solo; Teles Pires.

Abstract: The purpose of this study was to assess the hydro-physical quality of the soil based on different soil uses and occupations and regions of the hydrographic basin. The research was carried out in the hydrographic basin of the Caiabi river, a tributary of the Teles Pires river, in the Cerrado-Amazon Forest transition region in Brazil, with a predominance of Red-Yellow dystrophic Latosol. Three land uses (tillage - TI, native forest - NF, and pasture - PA) were evaluated at three depths in the hydrographic basin's spring, middle, and mouth regions (0-0,10; 0,10-0,20 and 0,20-0,40 m). Texture, particle density, soil density, total porosity, macroporosity, microporosity, water content at field capacity and permanent wilting point, saturated hydraulic conductivity of the soil, and available soil water capacity were the hydro-physical attributes analyzed. The conversion of NF areas into PA and TI has altered the hydro-physical quality of the soil, influencing soil water dynamics and lowering hydraulic conductivity values (up to 2.24 mm h⁻¹). The soil density in the 0,00-0,10 m layer increased in TI and PA (up to 33% in TI, and 31% in PA). PA reduced the macroporosity (up to 0,07 m³ m⁻³), indicating possible infiltration, oxygen diffusion, and root restriction issues. The hydrographic basin regions influenced soil attributes as a function of texture variations between

spring and mouth, indicating that changes in soil properties are due to both management and the granulometric composition of the regions.

Keywords: soil management; soil use; soil attributes; Teles Pires.

Introdução

O ecótono Cerrado-Amazônia ocupa 4,85% do território brasileiro e juntamente com a região Centro-Oeste do Brasil é considerada a principal região produtora de grãos, fibras e carne bovina do país (Magalhães et al., 2018). Contudo, o desmatamento intensivo nessa região nas últimas décadas, visando a implantação de pastagens e áreas de lavoura levou a perda global de metade das florestas nos biomas Amazônia e Cerrado (Levy et al., 2018).

Nos últimos anos, o estado do Mato Grosso foi fortemente afetado pela conversão da vegetação nativa em extensas áreas de pastagens, que posteriormente foram transformadas em áreas de cultivo intensivo comercial de monoculturas como soja, milho, arroz e algodão. Dessa forma, a aceleração das atividades agrícolas tem promovido a intensificação das mudanças no uso da terra (Hunke et al., 2015), impondo preocupações sobre a degradação da qualidade física do solo e impactando diretamente nos serviços ecossistêmicos desempenhados pelo solo (Rocha Junior et al., 2020).

O manejo inadequado pode provocar a perda da qualidade física dos solos, resultando na diminuição de importantes funções dos ecossistemas como a maior suscetibilidade à formação do selamento superficial e erosão, a redução do teor de matéria orgânica, a perda da biodiversidade, e a compactação (Nunes et al., 2020). Essas condições reduzem a infiltração e o movimento de água no solo, favorecendo o escoamento superficial e, conseqüentemente, o processos erosivos com a desagregação e transferência de sedimentos para os rios (Costa et al., 2019).

Em regiões tropicais, a erosão hídrica é a principal causadora da degradação do solo (Moraes et al., 2018), reduzindo sua capacidade produtiva e promovendo sérios danos ambientais, como assoreamento e poluição das fontes de água (Cogo et al., 2003). De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), cerca de um terço das terras agricultáveis do mundo foram removidas nos últimos quarenta anos por erosão, totalizando em mais de 10 milhões de hectares que estão sendo perdidos (Liu et al., 2017). Neste sentido, o monitoramento do uso e ocupação em bacias hidrográficas torna-se uma importante ferramenta para a compreensão dos processos erosivos, visto que podem modificar

as configurações naturais do sistema hidrológico local e/ou regional (Carvalho et al., 2020). O uso do solo sob pastagem e lavouras com monoculturas mal manejadas são as principais causas de perdas de solos e água em sistemas agropecuários (Almeida et al., 2018; Sone et al., 2020).

As mudanças relacionadas ao uso da terra por meio de atividade antrópicas induzem a compactação do solo, perdas de matéria orgânica (Polanía-Hincapié et al., 2021), aumento dos processos erosivos que impactam o ciclo de nutrientes e carbono, produtividade da terra (Borrelli et al., 2017) levando à degradação da saúde do solo e perdas de serviço do ecossistema.

Atributos físico-hídricos como densidade do solo, porosidade, condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}) e capacidade de armazenamento de água no solo, são sensíveis para quantificar o efeito das mudanças do uso no solo, e podem contribuir para a compreensão do comportamento do fluxo de água no solo, compactação, infiltração, escoamento, taxa de recarga de água subterrânea e processos de drenagem (Hao et al., 2019). Assim, identificar mudanças nos atributos do solo pode contribuir para o entendimento dos efeitos da mudança do uso da terra na conservação dos recursos naturais, como solo, água e a biodiversidade.

Dessa forma, os objetivos desse estudo são caracterizar os atributos físico-hídricos do solo e granulometria em diferentes usos e ocupação do solo e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, na transição Cerrado-Amazônia, e, verificar como mudanças da K_{sat} podem estar correlacionadas aos atributos físicos do solo.

Materiais e métodos

O estudo foi realizado na sub-bacia hidrográfica do rio Caiabi localizada entre os municípios de Vera e Sinop, Mato Grosso, Brasil, entre as latitudes 55°33'58" e 55°14'50" S e longitudes 12°05'59" e 11° 40' 47,87" O, com uma altitude variando de 417 a 208 m. O rio Caiabi é um afluente da margem direita do rio Teles Pires e está inserido em uma área de transição entre os biomas Cerrado e Floresta Amazônica (Figura 1). A bacia do rio Caiabi apresenta uma área de 489,3 km², comprimento axial de 38,9 km, e uma rede de drenagem de 155,9 km. De acordo com a classificação Köppen, o clima da região é do tipo Aw (clima tropical de savana), com duas estações bem definidas, seca de maio a setembro e chuvosa de novembro a março. A temperatura média anual e a precipitações médias anuais são de 25,6 °C e 1974 mm, respectivamente (Souza et al., 2013).

O solo predominante da sub-bacia é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd) de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa,

2018), e Typic Hapludox segundo o Soil Survey Staff (2014), relevo plano a ondulado (declividade de 0-15 %) em sua grande maioria.

As coletas das amostras de solo foram realizadas entre abril e maio de 2020 (transição entre as estações chuvosa e seca), em 18 pontos amostrais distribuídos nas três regiões da bacia denominadas de: Nascente, Médio e Foz (Figura 1). Foram feitas coletas, nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, em três condições de uso e ocupação do solo: lavoura (LV), mata nativa (MN) e pastagem (PA), com duas repetições compostas por cinco amostras cada (por camada e por ponto de coleta).

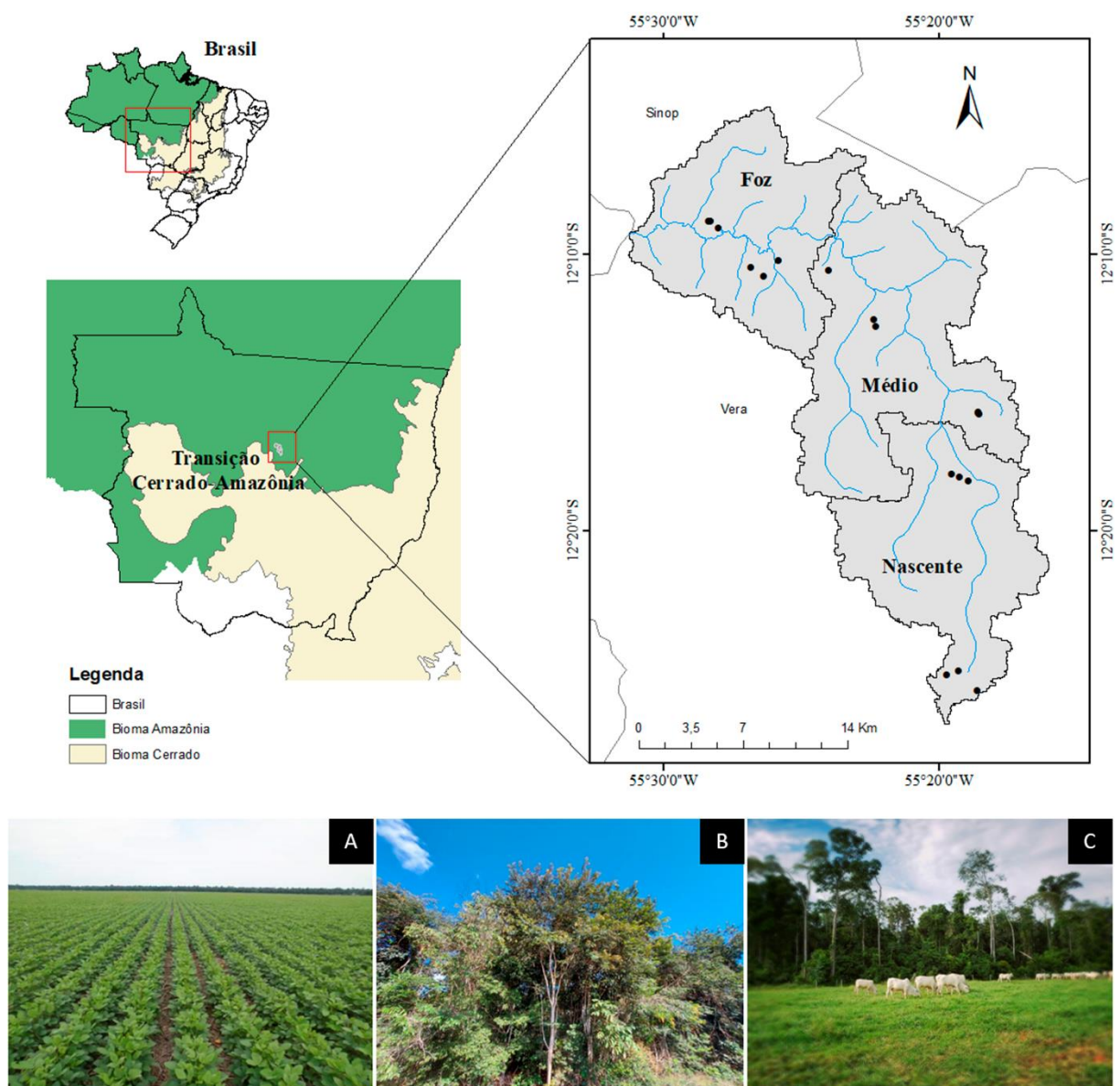


Figura 1. Local de estudo, o bioma, os pontos de amostragem nos diferentes usos e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Caiabi, em que: A) Lavoura (LV), B) Mata Nativa (MN), Pastagem (PA).

O teor de carbono orgânico total (COT) no solo da bacia hidrográfica do rio Caiabi sob diferentes usos e ocupação do solo é apresentado na Tabela 1. Há em média um teor de COT de 2,12% na região da nascente, 1,79% no médio e 1,53% na foz.

Tabela 1. Carbono orgânico total (COT) (%) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.

Atributo	Profundidade ×	Uso	Região		
			Nascente	Médio	Foz
COT (%)	0 – 0,10 m	LV	2,16	2,67	1,75
		PA	3,57	2,29	2,03
		MN	3,04	2,66	3,60
	0,10 – 0,20 m	LV	1,48	1,58	0,89
		PA	2,33	1,70	1,29
		MN	2,15	1,51	1,61
	0,20 – 0,40 m	LV	1,17	1,19	0,73
		PA	1,67	1,39	1,02
		MN	1,52	1,11	0,88

Cerca de 65% da área da bacia hidrográfica do rio Caiabi é ocupada por lavouras e pastagens, e o restante é ocupado por matas e aglomerados urbanos (Figura 2). Dessa forma, as coletas foram realizadas em áreas que representassem as classes predominantes de uso e ocupação do solo na bacia, e que apresentavam no mínimo os últimos 5 anos com o mesmo uso avaliado.

As coletas em MN foram realizadas em áreas preservadas de vegetação natural dependendo das vias de acesso, caracterizada pelo domínio de fisionomias savânicas e florestais típicas do bioma Cerrado e ainda formações florestais amazônicas (Marimon et al., 2006). Em LV, foram selecionadas áreas em que o uso está relacionado com o cultivo temporário de soja e milho, e, em PA as áreas apresentavam sobretudo *Brachiaria brizantha* (Braquiária) com pastoreio de gado. Nesse caso, destaca-se que na região da nascente, em um dos pontos de coleta de PA havia ocorrido a reforma da pastagem (subsolagem, calagem e gradagem) em torno de 10 meses anteriores à coleta.

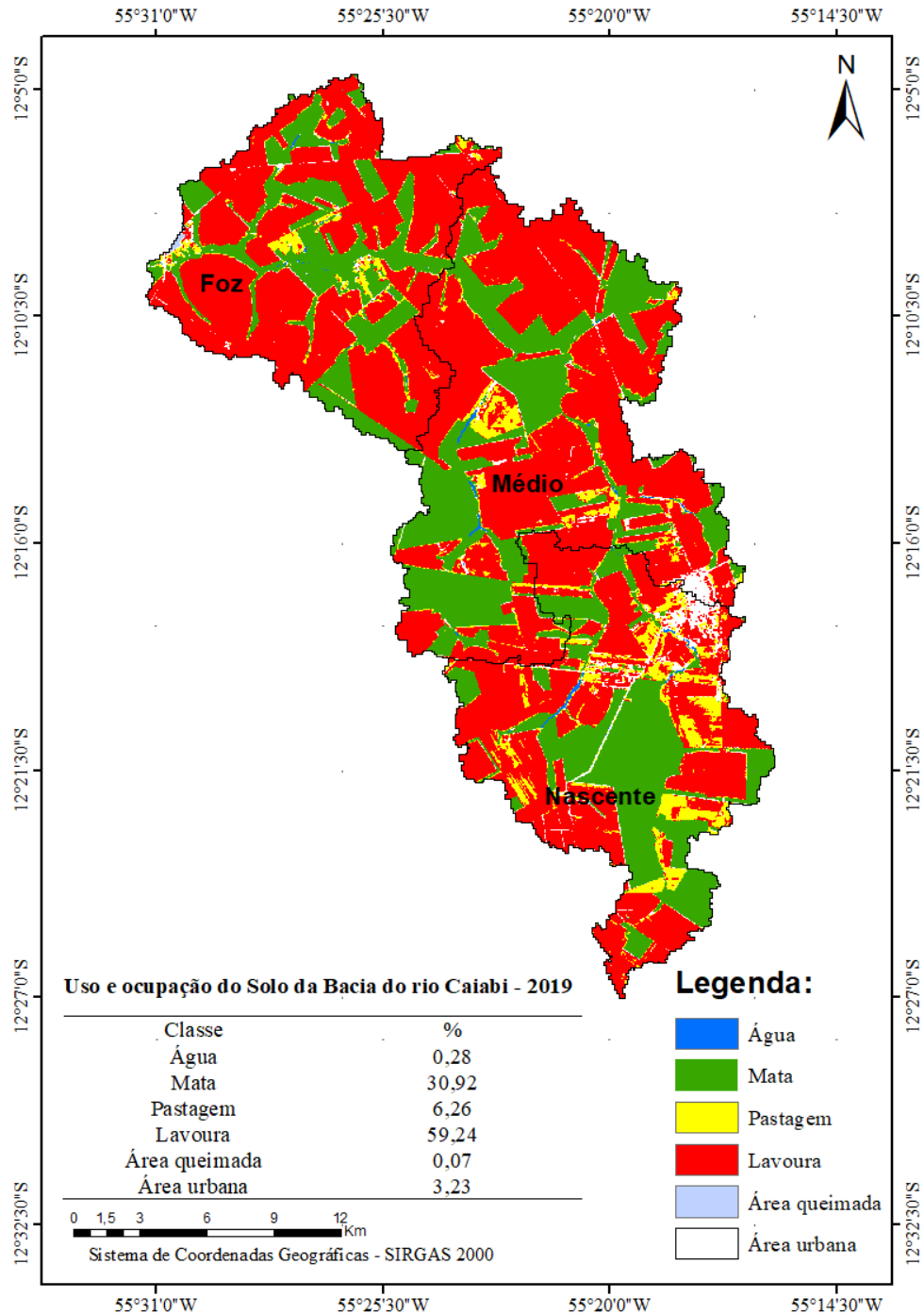


Figura 2. Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Caiabi no ano de 2019.

Foram coletadas amostras com estrutura indeformada no centro das camadas com cilindros volumétricos metálicos com 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro para determinação da porosidade e densidade do solo; já para as análises de textura e densidade de partículas e teor de umidade no ponto de murcha permanente, foram coletados aproximadamente 1000 g de solo com estrutura deformada, no centro de cada camada do perfil do solo. As determinações dos

atributos do solo foram realizadas conforme metodologia descrita pela Embrapa (2017). Além disso, foram coletadas amostras indeformadas de solo em cilindros com 0,07 m de altura e 0,07 m de diâmetro para determinação da condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}). As amostras de solo indeformadas foram saturadas por 24 horas e a K_{sat} foi determinada em laboratório, com base na Lei de Darcy, em permeâmetro de carga constante (Embrapa, 2017), sendo os valores obtidos pela equação 1. As leituras foram realizadas em intervalo de tempo de 10 minutos, e o volume de água percolado na amostra nessa unidade de tempo foi anotado para cálculo da condutividade hidráulica.

$$K_{sat} = \left(\frac{Q \cdot L}{A \cdot H \cdot t} \right) \quad (1)$$

Em que: K_{sat} = condutividade hidráulica do solo saturado, em mm h^{-1} ; Q = volume do percolado, em mL, ou seja, o valor da última leitura quando não há variação entre os valores anteriores, ou a média das duas leituras quando há alguma variação; L = altura do bloco do solo, em mm; H = altura do bloco do solo e da coluna de água, em mm; A = área do cilindro, em mm^2 ; t = tempo de percolação, em horas.

Para a análise da textura do solo utilizou-se o método da pipeta com solução de hidróxido de sódio 1 mol L^{-1} (NaOH) como agente dispersante e agitação lenta (50 rpm) por 16 horas. A densidade das partículas (D_p) foi obtida pelo método do balão volumétrico e a densidade do solo (D_s) pelo método do anel volumétrico, pela relação da massa do solo seca em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ pelo volume do cilindro (Embrapa, 2017).

No laboratório, as amostras indeformadas foram saturadas por 24 horas, e posteriormente submetidas à mesa de tensão sob um papel filtro umedecido até a drenagem da água contida nos macroporos submetidas a uma tensão de $-0,01 \text{ MPa}$ para a determinação da microporosidade (M_i). Os teores de água no solo na capacidade de campo (θ_{CC}) foram considerados os mesmos da M_i . A porosidade total (P_t) foi calculada a partir da densidade do solo e D_p , através da equação 2:

$$P_t = 1 - \left(\frac{D_s}{D_p} \right) \quad (2)$$

A macroporosidade (Ma), em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, foi obtida pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade. Para a determinação da umidade volumétrica no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}), as amostras de TFSA foram colocadas em cilindros de PVC, saturadas e encaminhadas a câmara de pressão de Richards, onde foram submetidas à uma tensão de -1,5 MPa. A capacidade de água disponível no solo (CAD), definida como o conteúdo de água entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente foi obtida pela Equação 3:

$$CAD = \sum_{i=1}^n (\theta_{\text{CCi}} - \theta_{\text{PMPi}}) \cdot z_i \quad (3)$$

Em que: θ_{CCi} = teor de água do solo na capacidade de campo, na i -ésima profundidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); θ_{PMPi} = teor de água do solo no ponto de murcha permanente, na i -ésima profundidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); z_i – i -ésima profundidade do solo (mm); n – número de camadas.

Os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade, com o software STATISTICA versão 6.0 (StatSoft, 2001). A análise multivariada dos atributos físicos do solo foi avaliada após a padronização dos valores originais para média igual a 0 e variância igual a 1, a fim de compor as variáveis utilizadas na Análise de Componente Principal (ACP). O critério adotado para a escolha do número de componentes foi selecionar aquelas que apresentaram autovalores acima de 1,00 e conseguiram sintetizar uma variância acumulada acima de 70% (Hair Jr et al., 2005).

Resultados

Conforme os resultados da granulometria, os solos nas três regiões da bacia hidrográfica e nas três profundidades foram classificados de acordo com o sistema simplificado da Embrapa (2018), como solos de textura franco-argilosa para a região da nascente e médio, e textura franca para a foz, com maiores teores de areia na região da foz (Tabela 2).

Tabela 2. Granulometria e classificação textural do solo em diferentes profundidades e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.

Uso	Nascente			Médio			Foz		
	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia
-----g kg ⁻¹ -----									
0,00-0,0,10 m									
LV	360 Aa	150 Ba	490 Ab	300 Aa	220 Aa	480 Ab	160 Ab	60 Ab	780 Aa
MN	360 Aa	120 Ba	520 Ab	380 Aa	120 Ba	500 Ab	150 Ab	50 Aa	800 Aa
PA	230 Bb	320 Aa	450 Ab	400 Aa	180 ABb	420 Ab	110 Ac	50 Ac	840 Aa
0,10-0,0,20 m									
LV	490 Aa	60 Bab	450 Ab	440 Aa	120 Aa	440 Ab	180 Ab	50 Ab	770 Aa
MN	450 ABa	100 Bab	450 Ab	390 Aa	130 Aa	480 Ab	150 Ab	60 Ab	790 Aa
PA	340 Bb	190 Aa	470 Ab	500 Aa	110 Ab	390 Ab	120 Ac	50 Ab	830 Aa
0,20-0,0,40 m									
LV	520 Aa	60 Aa	420 Ab	530ABa	80 Aa	390 Ab	200 Ab	60 Aa	740 Aa
MN	520 Aa	70 Aa	410 Ab	420 Ba	110 Aa	470 Ab	180 Ab	60 Aa	760 Aa
PA	490 Aa	100 Aa	410 Ab	550Aa	80 Ab	370 Ab	130 Ab	50 Aa	820 Aa
Textura	Franco-argilosa			Franco-argilosa			Franca		

LV: Lavoura, PA: Pastagem, MN: Mata nativa. Letras maiúsculas iguais na coluna (para uma mesma região e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais na linha (para uma mesma fração, uso do solo e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Houve pequenas variações nos valores de densidade de partículas (D_p), com média de $2,61 \text{ Mg m}^{-3}$, e menores D_p na região da nascente (Tabela 3). Houve aumento significativo da D_s sob LV e PA para todas as profundidades e regiões, com excessão da PA na camada de 0-20-0,40 m que não diferiu da MN. Na camada superficial houve um aumento de 26% da D_s sob LV na nascente, 15% no médio e 33% na foz da bacia, quando comparado com os valores da MN (Tabela 3). Comportamento semelhante foi observado para a mesma profundidade no solo sob PA na nascente, médio e foz, que apresentaram um aumento da densidade do solo de 18, 31 e 30%, respectivamente, quando comparado com MN. Além disso, observou maiores valores de D_s na região da foz da bacia hidrográfica.

Tabela 3. Densidade de partículas (Dp) e do solo (Ds) (Mg m^{-3}) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.

Atributo	Profundidade × Uso	Região			
		Nascente	Médio	Foz	
Densidade de partículas (Dp)	0 – 0,10 m	LV	2,56 Aa	2,60 Aa	2,62 Aa
		MN	2,53 Ab	2,59 Aab	2,62Aa
		PA	2,46 Bb	2,60 Aa	2,64 Aa
	0,10 – 0,20 m	LV	2,58 Ab	2,66 Aa	2,65 Aa
		MN	2,58 Aa	2,64 Aa	2,61 Aa
		PA	2,60 Ab	2,66 Aa	2,66 Aa
	0,20 – 0,40 m	LV	2,57 Ab	2,66 ABa	2,68 Aa
		MN	2,58 Ab	2,62 Bab	2,67 Aa
		PA	2,61 Ab	2,69 Aa	2,67 Aab
Densidade do solo (Ds)	0 – 0,10 m	LV	1,10 Ab	1,12 Bb	1,58 Aa
		MN	0,87 Bb	0,97 Cb	1,19 Ba
		PA	1,03 Ac	1,27 Ab	1,55 Aa
	0,10 – 0,20 m	LV	1,40 Ab	1,36 Ab	1,60 Aa
		MN	1,00 Cb	1,06 Bb	1,21 Ba
		PA	1,14 Bc	1,32 Ab	1,50 Aa
	0,20 – 0,40 m	LV	1,36 Ab	1,28 Ab	1,55 Aa
		MN	1,04 Bb	1,10 Bb	1,26 Ba
		PA	1,13 Bb	1,25 Ab	1,54 Aa

LV: Lavoura, MN: Mata Nativa, PA: Pastagem. Letras maiúsculas iguais na coluna (para uma mesma região e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais na linha (para um mesmo uso do solo e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Os maiores valores de Ma foram observados em MN para todas as profundidades e regiões da bacia hidrográfica (Tabela 4). A microporosidade variou de 0,30 a 0,49 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ na região da nascente; de 0,28 a 0,44 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ na região do médio, e 0,20 a 0,34 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ na região da foz do rio Renato. De maneira geral, os maiores valores de Mi foram observados em PA e LV, sistemas de manejo em que também se observou menor Ma.

Tabela 4. Macroporosidade (Ma), Microporosidade (Mi) e Porosidade total (Pt) ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.

Atributo	Profundidade	×	Uso	Região		
				Nascente	Médio	Foz
Macroporosidade (Ma)	0 – 0,10 m		LV	0,22 Ba	0,13 Bb	0,12 Bb
			MN	0,36 Aa	0,35 Aa	0,35 Aa
			PA	0,10 Ca	0,10 Ba	0,07 Ba
	0,10 – 0,20 m		LV	0,11 Ba	0,11 Ba	0,14 Ba
			MN	0,24 Ab	0,27 Aab	0,34 Aa
			PA	0,07 Bb	0,14 Bab	0,17 Ba
	0,20 – 0,40 m		LV	0,11 Ba	0,13 Ba	0,17 Ba
			MN	0,21 Ab	0,24 Aab	0,31 Aa
			PA	0,09 Bb	0,19ABa	0,17 Ba
Microporosidade (Mi)	0 – 0,10 m		LV	0,35 Bb	0,44 Aa	0,28 ABb
			MN	0,30 Ba	0,28 Bab	0,20 Bb
			PA	0,48 Aa	0,41 Aab	0,34 Ab
	0,10 – 0,20 m		LV	0,35 Ba	0,38 Aa	0,26 Ab
			MN	0,37 Ba	0,33 Aa	0,20 Ab
			PA	0,49 Aa	0,36 Ab	0,27 Ac
	0,20 – 0,40 m		LV	0,36 Ba	0,39 Aa	0,25Ab
			MN	0,39 Ba	0,34 Aa	0,22 Ab
			PA	0,48 Aa	0,35 Ab	0,25 Ac
Porosidade Total (Pt)	0 – 0,10 m		LV	0,57 Ba	0,57 Ba	0,40 Bb
			MN	0,66 Aa	0,63 Aa	0,55 Ab
			PA	0,58 Ba	0,51 Cb	0,41 Bc
	0,10 – 0,20 m		LV	0,46 Ba	0,49 Ba	0,40 Bb
			MN	0,61 Aa	0,60 Aa	0,54 Ab
			PA	0,56 Ba	0,50 Bb	0,44 Bc
	0,20 – 0,40 m		LV	0,47 Bab	0,52 Ba	0,42 Bb
			MN	0,60 Aa	0,58 Aab	0,53 Ab
			PA	0,57 Aa	0,54 ABa	0,42 Bb

LV: Lavoura, MN: Mata Nativa, PA: Pastagem. Letras maiúsculas iguais na coluna (para uma mesma região e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais na linha (para um mesmo uso do solo e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Os solos da MN apresentaram maior porosidade total, diferindo significativamente de LV e PA, com exceção para a profundidade de 0,20-0,40 m nas regiões de nascente e foz (em que a MN não diferiu significativamente de PA). Em relação a região da bacia hidrográfica, os menores valores de Pt foram observados na região da Foz da bacia hidrográfica.

A condutividade hidráulica saturada do solo (K_{sat}) foi significativamente maior em áreas de MN quando comparada com os demais usos (Tabela 5). As regiões da bacia só difeririam

significativamente entre si em solos sob MN. No Médio da bacia hidrográfica observa-se maiores valores de condutividade hidráulica sob MN, em que nessa região foi obtida K_{sat} média ($134,4 \text{ mm h}^{-1}$) 49 e 15 vezes superior que nas áreas sob LV e PA, respectivamente.

Para análises de propriedade hídrica do solo, Freire et al. (2003) estabeleceram a seguinte classificação para K_{sat} (em mm h^{-1}): muito lenta: $< 1,25$; lenta: $1,25-5$; moderadamente lenta: $5-20$; moderada: $20-62,5$; moderadamente rápida: $62,5-125$; rápida: $125-250$; muito rápida: > 250 . Nesse caso, os valores de K_{sat} obtidos em áreas com MN estão na faixa entre moderada e rápida, enquanto que, nas áreas ocupadas com LV e PA, varia de lenta a moderadamente lenta.

Tabela 5. Condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}) (cm h^{-1}) em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.

Profundidade	×	Uso	Região da bacia hidrográfica		
			Nascente	Médio	Foz
0 – 0,10 m		LV	8,16 Ba	3,90 Ba	4,83 Aa
		MN	71,98 Ab	108,84 Aa	33,61 Ac
		PA	5,39 Ba	6,88 Ba	14,55 Aa
0,10 – 0,20 m		LV	2,92 Ba	2,24 Ba	9,64 Ba
		MN	52,29 Ac	159,08 Aa	109,34 Ab
		PA	6,74 Ba	5,62 Ba	20,71 Ba
0,20 – 0,40 m		LV	5,98 Aa	2,61 Ba	10,91 Ba
		MN	30,02 Ac	135,53	92,88 Ab
		PA	9,83 Aa	14,41 Ba	16,82 Ba

LV: Lavoura, MN: Mata Nativa, PA: Pastagem. Letras maiúsculas iguais na coluna (para uma mesma região e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais na linha (para um mesmo uso do solo e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Na camada superficial a condutividade hidráulica apresentou correlação positiva com Pt e Ma, e foi negativamente correlacionada com a Ds (Tabela 6). Para as camadas subsequentes houve apenas correlação positiva apenas com a Ma.

Tabela 6. Coeficientes de correlação simples entre K_{sat} e os atributos do solo na bacia hidrográfica do rio Caiabi

Atributos	0,00-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,40 m
Coeficiente de correlação ¹			
K _{sat} × Dp	-0,01	-0,06	0,02
K _{sat} × Ma	0,67*	0,73*	0,69*
K _{sat} × Mi	-0,33	-0,37	-0,37
K _{sat} × Pt	0,54*	0,38	0,20
K _{sat} × Ds	-0,51*	-0,37	-0,20
K _{sat} × θ _{CC}	-0,33	-0,37	-0,37
K _{sat} × θ _{PMP}	-0,24	-0,32	-0,31
K _{sat} × CAD	-0,25	-0,17	-0,23
K _{sat} × Argila	0,30	-0,18	-0,26
K _{sat} × Silte	-0,15	0,05	0,21
K _{sat} × Areia	-0,14	0,15	0,22

¹* correlação significativa a 5%.

Os menores valores de θ_{PMP} foram observados sob MN em todas as profundidades na região do médio, e na camada superficial da nascente da bacia hidrográfica, enquanto que, na região da foz menor θ_{PMP} foi observado sob PA na profundidade de 0,00-0,10 e 0,20-0,40 m (não diferindo de MN) (Tabela 7).

Foram observados maior θ_{CC} sob PA para todas as profundidades na nascente e sob LV e PA na camada superficial do médio e foz, diferindo significativamente de MN, com exceção de LV camada superficial da foz (que não diferiu de MN e PA). De maneira geral, os menores conteúdos de água na capacidade de campo foram observados na foz da bacia, e no solo sob pastagem as três regiões diferiram significativamente entre si na camada intermediária e mais profunda.

Tabela 7. Umidade volumétrica no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) e na capacidade de campo (θ_{CC}), em $m^3 m^{-3}$, em diferentes profundidades, usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, MT, 2020.

Atributo	Profundidade	× Uso	Região		
			Nascente	Médio	Foz
θ_{PMP}	0 – 0,10 m	LV	0,19 Aa	0,20 Aa	0,12 Ab
		MN	0,14 Ba	0,14 Ba	0,09 ABb
		PA	0,20 Aa	0,22 Aa	0,08 Bb
	0,10 – 0,20 m	LV	0,22 Aa	0,23 Aa	0,11 Ab
		MN	0,19 Aa	0,16 Ba	0,09 Ab
		PA	0,19 Aa	0,22 Aa	0,07 Ab
	0,20 – 0,40 m	LV	0,24 Aa	0,22 Aa	0,13 Ab
		MN	0,20 ABa	0,17 Ba	0,10 ABb
		PA	0,18 Bb	0,23 Aa	0,08 Bc
θ_{CC}	0 – 0,10 m	LV	0,35 Bb	0,44 Aa	0,28 ABb
		MN	0,30 Ba	0,28 Bab	0,20 Bb
		PA	0,48 Aa	0,41 Aab	0,34 Ab
	0,10 – 0,20 m	LV	0,35 Ba	0,38 Aa	0,26 Ab
		MN	0,37 Ba	0,33 Aa	0,20 Ab
		PA	0,49 Aa	0,36 Ab	0,27 Ac
	0,20 – 0,40 m	LV	0,36 Ba	0,39 Aa	0,25Ab
		MN	0,39 Ba	0,34 Aa	0,22 Ab
		PA	0,48 Aa	0,35 Ab	0,25 Ac

LV: Lavoura, MN: Mata Nativa, PA: Pastagem. Letras maiúsculas iguais na coluna (para uma mesma região e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais na linha (para um mesmo uso do solo e profundidade) não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Os usos LV e MN não apresentaram diferenças significativas entre si na capacidade de água disponível do solo (CAD), mas foram significativamente menores a PA nas regiões da nascente e foz (Figura 3). Na região do Médio, não houve diferença significativa entre os usos do solo.

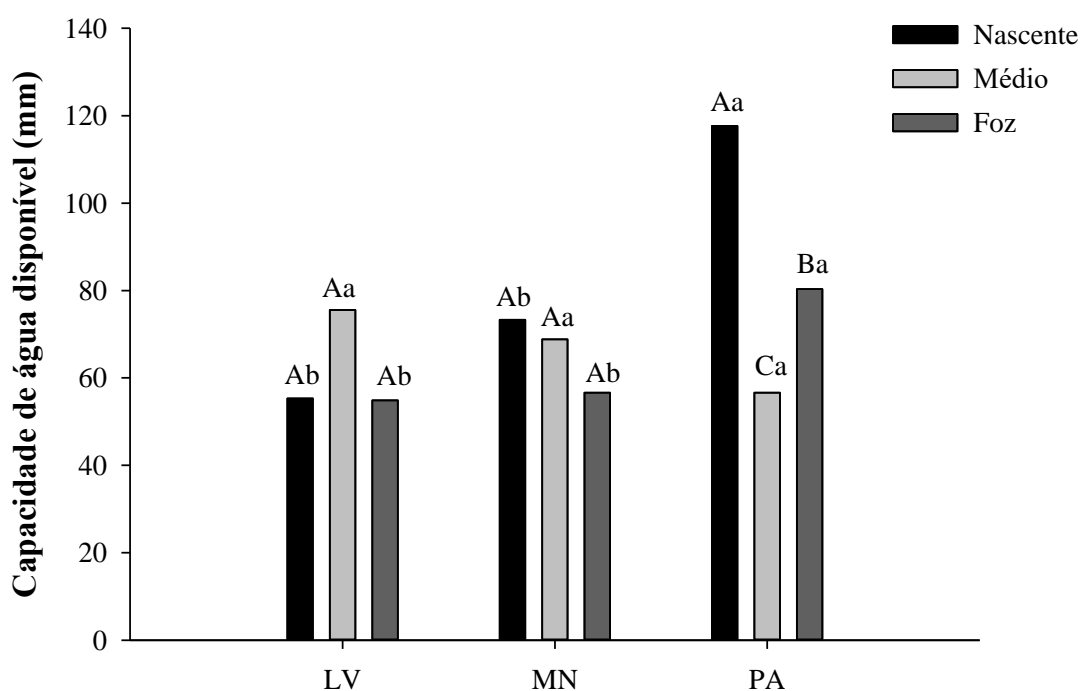


Figura 3. Capacidade de água disponível (CAD) do solo (0,00 a 0,40 m de profundidade) em diferentes usos e regiões da bacia hidrográfica do rio Caiabi, Mato Grosso. LV: Lavoura, MN: Mata Nativa, PA: Pastagem. Letras maiúsculas iguais para uma mesma região não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Letras minúsculas iguais para um mesmo uso do solo não diferem significativamente entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Análise multivariada

Na ACP, a primeira e segunda componentes principais foram necessárias para explicar a variância total na profundidade de 0,00 a 0,10 m (Tabela 8). Isso mostra que de doze variáveis físico-hídricas do solo, passam-se a utilizar dois fatores, havendo redução da dimensionalidade das variáveis originais com perda de explicação de menos de 25%. Quanto ao percentual de variância explicado pelas CPs no método de autovalores, verifica-se que as duas componentes são responsáveis por 75,74% da variância total, sendo 46,92 e 28,82% nas CP1 e CP2, respectivamente, sendo esses valores atribuídos a variabilidade dos atributos no estudo (Tabela 8). A CP1 foi correlacionada negativamente com a M_i , θ_{CC} , θ_{PMP} e teor de silte, e positivamente relacionada com o teor de areia, enquanto que a CP2 foi negativamente correlacionada com a M_a , P_t , e K_{sat} e positivamente relacionada com D_s .

Tabela 8. Correlação entre cada componente principal e variáveis analisadas e análise fatorial dos atributos do solo com os componentes em diferentes uso e ocupação do solo, região e profundidade na região de transição Cerrado-Amazônia.

Atributos	0,00-0,10 m		0,10-0,20 m			0,20-0,40 m		
	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2	CP3	CP 1	CP 2	CP3
Dp	0,66	0,16	0,31	-0,07	-0,04	0,47	0,12	0,08
Ma	0,33	-0,92*	0,48	0,81*	-0,24	0,55	0,75*	-0,26
Mi	-0,90*	0,41	-0,96*	-0,12	0,22	-0,96*	-0,09	0,25
Pt	-0,55	-0,78*	-0,60	0,77*	-0,01	-0,73*	0,64	0,08
Ds	0,59	0,76*	0,63	-0,76*	0,01	0,77*	-0,60	-0,06
θ_{CC}	-0,90*	0,41	-0,96*	-0,12	0,22	-0,95*	-0,09	0,25
θ_{PMP}	-0,88*	0,09	-0,83*	-0,31	-0,42	-0,72*	-0,36	0,59
CAD	-0,33	0,49	-0,56	0,25	0,76*	-0,66	0,15	0,73*
K_{sat}	0,07	-0,81*	0,24	0,77*	-0,36	0,26	0,78*	-0,28
% Argila	-0,59	-0,34	-0,79*	-0,24	-0,54	-0,88*	-0,18	-0,42
% Silte	-0,89*	0,04	-0,81*	0,32	0,14	-0,66	0,49	-0,14
% Areia	0,90*	0,22	0,89*	0,12	0,43	0,90*	0,10	0,41
Autovalores	5,63	3,46	6,08	2,79	1,52	6,52	2,39	1,53
Variância relativa	46,92	28,82	50,65	23,23	12,68	54,37	19,95	12,77

^{1*} indica a correlação significativa no componente principal.

A camada intermediária e mais profunda (0,10-0,20 e 0,20-0,40 m) apresentaram três grupos de componentes principais, em que a CP1 representou mais de 50 % da variabilidade, correlacionando-se negativamente com Mi, θ_{CC} , θ_{PMP} , teor de argila e silte, e positivamente com o teor de areia. A CP2 nas duas profundidades, reteram mais de 20% da variância, sendo representada pela Ma, Pt, e Ds e K_{sat} (0,10-0,20 m), atributos do solo mais sensíveis ao manejo. Por outro lado, a CP3 foi correlacionada positivamente com a CAD, e correspondeu a mais de 12% da variabilidade do estudo.

Discussão

A predominância do solo com textura franco-argilosa nas regiões da Nascente e Médio do rio Caiabi, e franca na região da Foz, são herdadas do material de origem da área de estudo, formados a partir de rochas sedimentares cretáceas (arenitos e conglomerados) (EPE, 2009). Para densidade de partículas (D_p), esperava-se que não houvesse diferenças significativas, visto que a área estudada apresentava a mesma classe de solo (Latossolo Vermelho-Amarelo) e foi formada sob o mesmo material de origem. No entanto, menores D_p foram observados na região da nascente que pode estar associado a mineralogia da região composta em sua maioria por minerais de argila, como também pela presença de maior conteúdo de matéria orgânica observadas em campo. Dessa forma, a mineralogia da região influencia os processos físico-hídricos do solo (Guimarães et al., 2020).

A alta densidade do solo sob LV e PA pode ser resultante da compactação provocada pelo tráfego e peso de maquinários agrícolas em áreas de lavoura e pisoteio animal em áreas de pastagem (Tellen e Yerima, 2018). Gomes et al. (2018) ao avaliar a qualidade do solo sob floresta secundária, pastagem e três espécies arbóreas, observaram que o solo sob pastagem apresentou baixa qualidade física por apresentar alta densidade do solo e baixa porosidade total. Além disso, o aumento da D_s com a profundidade pode estar relacionada à redução da matéria orgânica e da atividade da fauna do solo, distribuição do espaço poroso (Singh et al., 2015).

Na macroporosidade valores inferiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ são indicativos de degradação do solo, uma vez que provocam uma limitação do desenvolvimento radicular, devido a baixa aeração e aumento da resistência do solo à penetração (Borges et al., 2016). Valores inferiores a esse limite crítico foram observados em áreas de PA e LV, corroborando com Freddi et al. (2017), que ao avaliar a qualidade física do solo sob semeadura direta e sucessão de soja-milho no écotono Cerrado/Amazônia, observaram valores inferiores a 10% de macroporosidade. Avaliando as propriedades físicas e mecânicas do solo sob pastejo rotacionado, mata nativa e preparo convencional em um Latossolo Vermelho, Ortigara et al. (2014) observaram que o pisoteio animal intensivo em área de pastagem causou alterações na estrutura do solo, com reduções na M_a e P_t , gerando condições restritivas às raízes das plantas. Regiões sob MN, por sua vez, possuem um solo com estrutura mais preservada, uma abundante fauna edáfica, além de maior quantidade de raízes, que proporcionam melhor estruturação ao solo (Ortigara et al., 2014).

A M_i apresentou alguns valores abaixo da faixa recomendada por Lima et al. (2007) (de 0,25 a 0,33 $m^3 m^{-3}$) em função da maior concentração de areia na região da Foz. A microporosidade é altamente influenciada pela textura do solos, sendo que solos com maior teor de argila possuem maior proporção de microporos, explicando assim, as maiores microporosidades observadas nas regiões da Nascente e do Médio da bacia hidrográfica, e baixa microporosidade na região da Foz, devido a sua textura franca. No entanto, um aumento no volume de microporos observado sob pastagem e lavoura pode ser um indicativo de compactação quando associado à diminuição da M_a (Fonseca et al., 2007). Polanía-Hincapié et al. (2021), ao avaliarem as mudanças na qualidade física do solo da vegetação nativa ao manejo tradicional da pecuária e a subsequente transição para um sistema silvipastoril na região Amazônica, também verificaram uma redução da M_a e aumento da M_i na conversão da vegetação nativa para pastagem. Embora a M_i seja um atributo pouco influenciado pelo manejo do solo, práticas inadequadas do uso da terra que degradem a estrutura do solo afetam diretamente a M_a , com a redução do volume de macroporos e conseqüentemente um aumento da M_i (Bonini et al, 2015).

O aumento da densidade do solo provoca uma redução da macroporosidade, e conseqüentemente da porosidade total, uma vez que a P_t é inversamente proporcional à densidade do solo (Figura 4a). O efeito do uso contínuo de máquinas e implementos agrícolas em áreas de agricultura, e o pisoteio animal em áreas de pastagens, aumentam a densidade do solo e provocam uma redução do volume total de poros, assim como provocam a redução da infiltração de água no solo (Klink et al., 2015).

A porosidade total é considerada como ideal quando está acima de 0,50 $m^3 m^{-3}$, porém valores inferiores a esse foram observados em LV e PA em todas as regiões da bacia. Alterações na porosidade do solo que provoquem a redução no volume desse atributo devido ao uso e manejo do solo inadequado, além de modificar as taxas de trocas gasosas, alteram a disponibilidade de água para as plantas (Ferreira et al., 2010). Dessa forma, como a P_t está diretamente associada a conservação dos recursos hídricos, pode-se associar que a redução da porosidade total tem consequência direta para os cursos d'água, uma vez que a água que infiltra no solo abastece o lençol freático e mantém a vazão dos corpos hídricos (Marcatto e Silveira, 2016). Além disso, um solo com P_t reduzida dificulta a infiltração de água e favorece o escoamento superficial, causando o transporte e a deposição de sedimentos nos corpos d'água, e conseqüentemente assoreamentos.

Melhores condições para a movimentação da água no perfil do solo foram observadas em áreas de MN, e conseqüentemente, menores perdas potenciais por erosão hídrica. O elevado valor de K_{sat} em solos de MN, pode estar associado a maiores conteúdos de matéria orgânica e atividades de fauna, o que pode ter contribuído para o desenvolvimento de macroporos (Akinde et al., 2020) e permitir a infiltração de água no solo (Alagele et al., 2019).

Neste sentido, as áreas de MN em contraste com áreas de LV e PA, além da ausência de agentes compactadores como o pisoteio animal e mecanização agrícola, tem aporte de matéria orgânica na superfície, que associado à maior presença de microrganismos edáficos aumentam a macroporosidade do solo. Esses resultados estão de acordo com Fuentes et al. (2004), que observaram maiores valores de K_{sat} na vegetação natural quando comparado com áreas cultivadas com plantio direto e plantio convencional. Os autores concluíram que, mesmo após 27 anos de plantio direto contínuo, os valores das propriedades hidráulicas não foram restaurados aos valores originais dos solos sob vegetação natural.

Outro componente importante de matas nativas que propiciam maior taxa de infiltração da água é o sistema radicular, que em algumas espécies alcançam grandes profundidades e formam canais para passagem da água, podendo explicar em parte a tendência crescente da K_{sat} na profundidade do solo em MN (Hao et al., 2019).

A condutividade hidráulica é uma das propriedades mais importantes do solo que pode ser modificada por práticas de cultivo, visto que essas afetam a macroporosidade em tamanho, continuidade e volume de poros (Sun et al., 2018). Apesar dos macroporos constituírem uma proporção muito pequena do volume total do solo, uma porcentagem muito grande do fluxo de água no solo é transmitida por meio deles (Singh et al., 2021). Neste estudo, a macroporosidade, porosidade total e densidade do solo foram os fatores que mais influenciaram na K_{sat} . Práticas de manejo inadequadas que provoquem a degradação na qualidade e estrutura do solo, e aumentem a D_s , conseqüentemente reduzirá a M_a , P_t e K_{sat} , este resultado pode ser observado na Figura 4a e Tabela 8, pelas correlações positivas e proximidade entre K_{sat} , M_a e P_t , e correlação negativa com D_s na camada superficial. Sun et al. (2018) verificaram que a conversão de florestas naturais para áreas agrícolas provoca a redução da capacidade de infiltração de água no solo e ocasiona prejuízos a conservação da água e do solo.

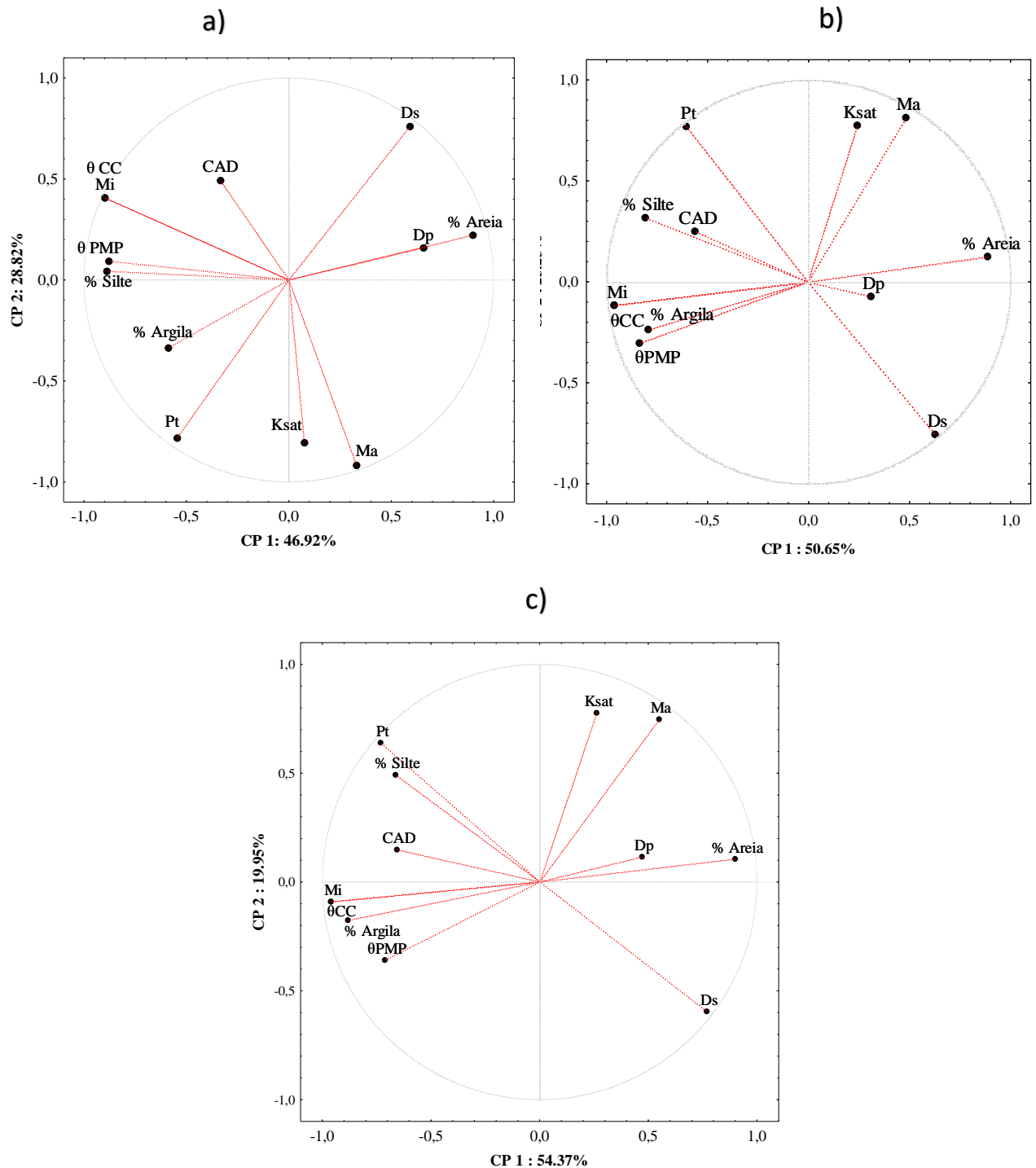


Figura 4. Análise de componentes principais (ACP) biplot com a representação dos componentes principais entre os atributos do solo, em que: a) profundidade de 0,00-0,10 m, b) 0,10-0,20 m e c) 0,20-0,40 m. Ma: macroporosidade, Mi: microporosidade, Pt: porosidade total, Ds: densidade aparente, K_{sat} : condutividade hidráulica do solo saturado. θ_{PMP} : teor de água do solo no ponto de murcha permanente, θ_{CC} é o conteúdo de água do solo na capacidade de campo, CAD: capacidade de água disponível.

Os maiores valores de θ_{CC} e θ_{PMP} estão relacionados à textura e aos maiores valores de Mi, que permitem melhor retenção de água no solo. Porém, devido à maior densidade do solo

em pastagem e lavoura, a interpretação desses dados deve ser realizada com cautela, sugerindo que essa maior retenção de água pode não ser benéfica por estar associado a processos de compactação que pode condicionar o encharcamento do solo (Rocha Junior et al., 2020), uma vez que houveram condições de macroporosidade restritivas ao desenvolvimento de plantas sob PA, o que dificulta a infiltração e movimento de água no solo. De acordo com Kertzmann (1996) ao reduzir o volume de macroporos do solo, parte significativa da água fica retida nos microporos sob altas tensões, e dessa forma, indisponível às plantas.

Além disso, o elevado valor de CAD na pastagem da nascente também pode estar associado pela textura com maior composição de partículas finas na região da nascente da bacia hidrográfica, o que está diretamente relacionado com o maior conteúdo de água na capacidade de campo (equivalente a microporosidade) (0,48 a 0,49 m³ m⁻³), responsáveis pela retenção de água no solo. As partículas mais finas do solo (silte e argila) tem maior participação no processo de retenção de água no solo (Anaba et al., 2020), portanto solos com maior teor dessas partículas na sua composição granulométrica tendem a apresentar maior CAD, θ_{PMP} e M_i . Dessa forma, a textura do solo influencia a porosidade do solo, que por sua vez regula a capacidade de retenção de água, difusão gasosa e movimento da água que influenciam a qualidade físico-hídrica do solo (Upadhyay e Raghubanshi, 2020).

Conclusões

A mudança no uso e ocupação do solo é um fator determinante que influencia as propriedades físico-hídricas do solo. As alterações nesses atributos compreendem o aumento na densidade do solo, redução da macroporosidade, porosidade total, condutividade hidráulica do solo saturada no solo em áreas de lavoura e pastagem, indicando que, alterações no uso da terra podem impactar a dinâmica da água no solo.

As regiões da bacia hidrográfica influenciam nos atributos do solo devido às diferentes texturas ao longo da bacia.

Existem vários fatores que impactam a K_{sat} , entretanto, a macroporosidade, porosidade total e densidade do solo constituem-se nos atributos que exerceram maior influência sobre o movimento de água em solos da bacia hidrográfica do rio Caiabi

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do Processo 88887.144957/2017-00 (Edital Pró-Recursos Hídricos) e pelo Código de Financiamento - 001. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio com as bolsas de iniciação científica e bolsa produtividade (Processo 308784/2019-7).

Referências

- Akinde, B. P.; Olakayode, A. O.; Oyedele, D. J., 2020. Selected physical and chemical properties of soil under different agricultural land-use types in Ile-Ife, Nigeria. *Heliyon*, v. 6, (9), e05090. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05090>
- Alagele, S. M.; Udawatta, S. H. A. R. P., 2019. Biomass and buffer management practice effects on soil hydraulic properties compared to grain crops for claypan landscapes. *Agroforestry Systems*, v. 93, (5), 1609–1625. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0255-1>
- Almeida, W. S.; Panachuki, E.; de Oliveira, P. T. S.; da Silva Menezes, R.; Sobrinho, T. A.; de Carvalho, D. F., 2018. Effect of soil tillage and vegetal cover on soil water infiltration. *Soil and Tillage Research*, v. 175, 130–138. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.07.009>
- Anaba, B. D.; Yemefack, M.; Abossolo-Angue, M.; Ntsomboh-Ntsefong, G.; Bilong, E. G.; Ngando Ebongue, G. F.; Bell, J. M., 2020. Soil texture and watering impact on pot recovery of soil-stripped oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings. *Heliyon*, v. 6, (10), e05310. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05310>
- Bonini, C. D. S. B.; Alves, M. C.; Montanari, R., 2015. Recuperação da estrutura de um Latossolo vermelho degradado utilizando lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 10, (1), 34–42. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i1a4513>
- Borges, W. L. B.; De Souza, I. M. D.; De Sá, M. E.; Alves, M. C., 2016. Alterações físicas em Latossolos cultivados com plantas de cobertura em rotação com soja e milho. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 11, (3), 149–155. <https://doi.org/10.5039/agraria.v11i3a5380>
- Borrelli, P.; Robinson, D. A.; Fleischer, L. R.; Lugato, E.; Ballabio, C.; Alewell, C.; Meusburger, K.; Modugno, S.; Schütt, B.; Ferro, V.; Bagarello, V.; Oost, K. Van; Montanarella, L.; Panagos, P., 2017. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, v. 8, (1), 1-6. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- Carvalho, F.; Confessor, J. G.; Rodrigues, S. C., 2020. Utilização de simulador de chuvas para determinação do valor CN e abstração inicial na cultura do café em ambiente de cerrado brasileiro. *Physis Terrae - Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente*, v. 2, (2), 101–126. <https://doi.org/10.21814/physisterrae.3083>

- Cogo, N. P.; Levien, R.; Schwarz, R. A., 2003. 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*, v.27, (4), 743-753. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000400019>
- Costa, C. D. de O.; Alves, M. C.; Sousa, A. D. P.; Silva, H. R., 2019. Propriedades físicas dos solos de uma sub-bacia hidrográfica sob processo de degradação. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 13, (1), 15–31. <https://doi.org/10.18316/rca.v13i1.4889>
- Embrapa, 2017. Manual de métodos de análise de solo (3rd ed.).
- Embrapa, 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (5th ed.).
- EPE, 2009. Avaliação Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires. Relatório Final. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/avaliacao-ambientalintegrada-aa>. Acesso: 15 jan. 2021.
- Ferreira, R. R. M.; Filho, J. T.; Ferreira, V. M., 2010. Effects of pasture system management on physical properties. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 31, (4), 913–932. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n4p913>
- Fonseca, G. C.; Carneiro, M. A. C.; Costa, A. R. Da; Oliveira, G. C. De; Balbino, L. C., 2007. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 37, (1), 22–30. <https://doi.org/10.5216/pat.v37i1.1861>
- Freddi, O. D. S.; Tavanti, R. F. R.; Soares, M. B.; De Almeida, F. T.; Peres, F. S. C., 2017. Physical-chemical quality of a latossol under direct seeding and soybean-corn succession in the cerrado-amazonian ecotone. *Revista Caatinga*, v. 30, (4), 991–1000. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n420rc>
- Freire, M. B. G. dos S.; Ruiz, H. A.; Ribeiro, M. R.; Ferreira, P. A.; Freire, F. J., 2003. Condutividade hidráulica de solos de P de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, (1), 45– 52. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000100008>
- Fuentes, J. P.; Flury, M.; Bezdicek, D. F., 2004. Hydraulic Properties in a Silt Loam Soil under Natural Prairie, Conventional Till, and No-Till. *Soil Science Society of America Journal*, v. 68 (5) 1679–1688. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1679>
- Gomes, D. S.; Marciano, C. R.; Faustino, L. L., 2018. Physical Quality of a Typic Hapludult Soil Under Forest Leguminous Trees and Pasture. *Floresta e Ambiente*, v. 25, (4), e20170400. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.040017>
- Guimarães, R. M.; Benatti, J. C. B.; Ferreira, R. T. L., 2020. Análise físico-química e mineralógica de um solo de Sinop-MT, puro e com adição de bentonita. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, (4), 21974–21987. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-387>
- Hair Jr, J. F.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L.; Black, W. C., 2005. Análise multivariada de dados. In Bookman.

- Hao, M.; Zhang, J.; Meng, M.; Chen, H. Y. H.; Guo, X., 2019. Impacts of changes in vegetation on saturated hydraulic conductivity of soil in subtropical forests. *Scientific Reports*, v. 9, 8372. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44921-w>
- Hunke, P.; Roller, R.; Zeilhofer, P.; Schröder, B.; Mueller, E. N., 2015. Soil changes under different land-uses in the Cerrado of Mato Grosso, Brazil. *Geoderma Regional*, v. 4, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2014.12.001>
- Kertzmann, F. F. Modificações na estrutura e no comportamento de um Latossolo Roxo provocados pela compactação. 1996. 153 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Klink, R. Van; Schrama, M.; Nolte, S.; Bakker, J. P.; Wallisdevries, M. F.; Berg, M. P., 2015. Defoliation and Soil Compaction Jointly Drive Large-Herbivore Grazing Effects on Plants and Soil Arthropods on Clay Soil. *Ecosystems*, v. 18, 671–685. <https://doi.org/10.1007/s10021-015-9855-z>
- Levy, M. C.; Lopes, A. V.; Cohn, A.; Larsen, L. G.; Thompson, S. E., 2018. Land Use Change Increases Streamflow Across the Arc of Deforestation in Brazil. *Geophysical Research Letters*, v. 45, (8), 3520–3530. <https://doi.org/10.1002/2017GL076526>
- Lima, C. G. da R.; Carvalho, M. de P.; Mello, L. M. M. de; Lima, R. C., 2007. Correlação linear e espacial entre a produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP). *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, v. 31, (6), 1233–1244. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832007000600002>
- Liu, R.; Wang, Q.; Xu, F.; Men, C.; Guo, L., 2017. Impacts of manure application on SWAT model outputs in the Xiangxi River watershed. *Journal of Hydrology*, v. 555, 479–488. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.10.044>
- Magalhães, C. A. de S.; Zolin, C. A.; Lulu, J.; Lopes, L. B. Índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no ecótono Cerrado/Amazônia. Sinop, MT: Embrapa, 2018. 24 p.
- Marcatto, F. S.; Silveira, H., 2016. Relação entre as propriedades físico-hídricas dos solos e os tipos de uso da terra como subsídio ao manejo e conservação do solo e da água na bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 9, (6), 1769–1783.
- Marimon, B. S.; Lima, E. S.; Duarte, T. G.; Chierigatto, L. C.; Ratter, J. A., 2006. Observations on the vegetation of northeastern Mato Grosso, Brazil. An analysis of the Cerrado-Amazonian Forest ecotone. *Edinburgh Journal of Botany*, v. 63, n. 23, p. 323–34.
- Moraes, A. G. L.; Carvalho, D. F.; Antunes, M. A. H.; Ceddia, M. B.; 2018. Relationship between remote sensing data and field measured interrill erosion. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.53(3), 332–341. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000300008>
- Nunes, F. C.; de Jesus Alves, L.; de Carvalho, C. C. N.; Gross, E.; de Marchi Soares, T.; Prasad, M. N. V., 2020. Soil as a complex ecological system for meeting food and nutritional security. In *Climate Change and Soil Interactions* (pp. 229–269). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818032-7.00009-6>

- Ortigara, C.; Koppe, E.; Bonini, F.; Bertollo, A. M.; Kaiser, D. R.; Rodrigues, V., 2014. Uso Do Solo E Propriedades Físico-Mecânicas De Latossolo Vermelho. *Revista brasileira de ciência do solo*, v. 38, (2), 619–626. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000200026>
- Polanía-Hincapié, K. L.; Olaya-Montes, A.; Cherubin, M. R.; Herrera-Valencia, W.; Ortiz-Morea, F. A.; Silva-Olaya, A. M., 2021. Soil physical quality responses to silvopastoral implementation in Colombian Amazon. *Geoderma*, v. 386, 114900. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114900>
- Rocha Junior, P. R.; Sturião, W. P.; Nogueira, N. O.; Passos, R. R.; Donagemma, G. K.; Pssos Rangel, O. J.; Bhattarai, R., 2020. Soil quality indicators to evaluate environmental services at different landscape positions and land uses in the Atlantic Forest biome. *Environmental and Sustainability Indicators*, v. 7, 100047. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100047>
- Singh, D.; Mishra, A. K.; Patra, S.; Mariappan, S.; Singh, N., 2021. Near-saturated soil hydraulic conductivity and pore characteristics as influenced by conventional and conservation tillage practices in North-West Himalayan region, India. *International Soil and Water Conservation Research*, v. 9, (2), 249–259. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.01.001>
- Singh, J.; Salaria, A.; Kaul, A., 2015. Impact of soil compaction on soil physical properties and root growth: A review. *International Journal of Food*, v. 5, (1), 23–32.
- Soil Survey Staff, 2014. *Keys to Soil Taxonomy* | NRCS, 12th ed. Washington
- Sone, J. S.; Oliveira, P. T. S.; Euclides, V. P. B.; Montagner, D. B.; de Araujo, A. R.; Zamboni, P. A. P.; Vieira, N. O. M.; Carvalho, G. A.; Sobrinho, T. A., 2020. Effects of Nitrogen fertilisation and stocking rates on soil erosion and water infiltration in a Brazilian Cerrado farm. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 304, 107159. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107159>
- Souza, A. P. de; Lima, L.; Zamadei, T.; Martim, C. C.; Almeida, F. T. de; Paulino, J., 2013. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. *Nativa*, v. 1, (1), 34–43.
- StatSoft, 2001. *Statistica for Window*, Release 6.0. StatSoft Inc., Tulsa, OK.
- Sun, D.; Yang, H.; Guan, D.; Yang, M.; Wu, J.; Yuan, F.; Jin, C.; Wang, A.; Zhang, Y., 2018. The effects of land use change on soil infiltration capacity in China: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, v. 626, 1394–1401. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.104>
- Tellen, V. A.; Yerima, B. P. K., 2018. Effects of land use change on soil physicochemical properties in selected areas in the North West region of Cameroon. *Environmental Systems Research*, v. 7, (1), 1-29. <https://doi.org/10.1186/s40068-018-0106-0>
- Upadhyay, S.; Raghubanshi, A. S., 2020. Dynamics in urban ecosystems. In *Urban Ecology*. Elsevier Inc. pp. 299-314. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820730-7.00016-1>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização físico-hídrica do solo em duas sub-bacias hidrográficas do rio Renato e Caiabi, afluentes do rio Teles Pires apresentou diferenças significativas quanto ao uso e ocupação do solo e regiões da bacia nos atributos do solo, e indicou que a conversão de áreas de mata nativa para lavoura e pastagem provocam a perda da qualidade física destes solos.

Embora as duas bacias apresentem um percentual de uso e ocupação do solo bem distintos, visto que a bacia do Renato é ocupada predominantemente com regiões de matas nativas e a bacia do rio Caiabi com áreas de agricultura e pecuária, o conhecimento da caracterização físico-hídrica destes solos é importante para a tomada de decisão do manejo adequado dos solos destas regiões.

APÊNDICE A - Localização dos pontos de amostragem de solo em diferentes usos e ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica do rio Renato

Ponto	Coordenadas		Altitude (m)	Cobertura Vegetal	Data
1	11° 39' 41,2" S	55° 17' 10,6" W	382	Lavoura	18/11/19
2	11° 39' 41,2" S	55° 17' 10,5" W	382	Pastagem	18/11/19
3	11° 37' 39,6" S	55° 15' 49,7" W	367	Mata Nativa	19/11/19
4	11° 32' 35,2" S	55° 12' 49,7" W	332	Lavoura	19/11/19
5	11° 31' 20,1" S	55° 12' 56,5" W	342	Pastagem	19/11/19
6	11° 31' 21,43" S	55° 15' 15,9" W	352	Mata Nativa	03/12/19
7	11° 18' 1,1" S	55° 13' 15,9" W	345	Lavoura	03/12/19
8	11° 18' 11,9" S	55° 12' 32,2" W	330	Mata Nativa	03/12/19
9	11° 16' 44,6" S	55° 12' 37,9" W	329	Pastagem	03/12/19
10	11° 15' 8,4" S	55° 11' 29,9" W	334	Pastagem	20/11/19
11	11° 15' 6,5" S	55° 11' 30,8" W	335	Mata Nativa	20/11/19
12	11° 15' 45,2" S	55° 11' 56,8" W	346	Lavoura	20/11/19
13	11° 8' 39,1" S	55° 1' 41,9" W	336	Lavoura	04/12/19
14	11° 8' 43,2" S	55° 1' 43,7" W	348	Pastagem	04/12/19
15	11° 8' 6,9" S	55° 1' 42,9" W	373	Mata Nativa	04/12/19
16	11° 4' 42,5" S	55° 15' 2,9" W	290	Lavoura	27/04/20
17	11° 4' 20" S	55° 15' 11,8" W	284	Pastagem	27/04/20
18	11° 4' 11,7" S	55° 15' 7" W	280	Mata Nativa	27/04/20
19	11° 5' 42,7" S	55° 15' 14,6" W	310	Mata Nativa	27/04/20
20	11° 4' 33" S	55° 16' 4,8" W	322	Lavoura	28/04/20
21	11° 4' 48,2" S	55° 16' 4,4" W	320	Pastagem	28/04/20
22	11° 3' 51,6" S	55° 14' 9,3" W	300	Mata Nativa	28/04/20
23	11° 1' 35,5" S	55° 15' 49,4" W	338	Pastagem	28/04/20
24	11° 1' 33,7" S	55° 15' 48,4" W	338	Lavoura	28/04/20

APÊNDICE B - Localização dos pontos de amostragem de solo em diferentes usos e ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica do rio Caiabi

Ponto	Coordenadas		Altitude (m)	Cobertura Vegetal
1	12° 25' 4,2" S	55° 29' 16,1" W	385	Lavoura
2	12° 25' 13,4" S	55° 29' 43,4" W	375	Mata Nativa
3	12° 25' 16,4" S	55° 29' 44,4" W	374	Pastagem
4	12° 15' 47,3" S	55° 18' 31,8" W	374	Lavoura
5	12° 15' 41,1" S	55° 18' 33,6" W	381	Mata Nativa
6	12° 15' 43,2" S	55° 18' 33,6" W	376	Pastagem
7	12° 12' 36,4" S	55° 22' 17,9" W	364	Pastagem
8	12° 12' 21,3" S	55° 22' 22" W	372	Mata Nativa
9	12° 10' 34,6" S	55° 23' 58,9" W	362	Lavoura
10	12° 10' 11,9" S	55° 25' 49,9" W	329	Pastagem
11	12° 10' 27,2" S	55° 26' 49,1" W	348	Lavoura
12	12° 10' 46,2" S	55° 26' 21,0" W	345	Mata Nativa
13	12° 09' 1,9" S	55° 28' 0,4" W	341	Mata Nativa
14	12° 8' 47,1" S	55° 28' 17,4" W	344	Pastagem
15	12° 8' 46,8" S	55° 28' 21,1" W	336	Lavoura
16	12° 18' 12,1" S	55° 18' 56,7" W	363	Pastagem
17	12° 18' 3,5" S	55° 19' 14,8" W	363	Lavoura
18	12° 17' 56,9" S	55° 19' 31,1" W	367	Mata Nativa

ANEXO 1 – Normas da Revista Sociedade & Natureza



Instruções para a preparação do artigo

É de inteira responsabilidade dos autores a observância das instruções abaixo. Artigos em desconformidade com as orientações deste documento serão rejeitados na pré-análise.

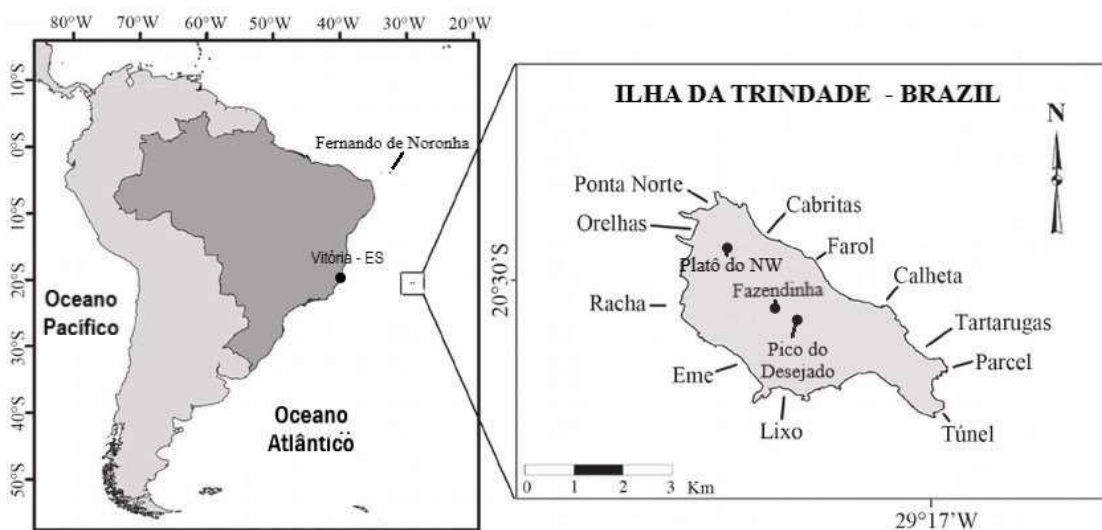
- O artigo deverá ser submetido no formato Word, tamanho máximo de 12 MB, conter no mínimo 4000 e no máximo 6000 palavras;
- O texto deverá ser escrito utilizando a fonte Century Schoolbook, tamanho 12, espaçamento duplo. As linhas deverão ser numeradas continuamente;
- O texto deverá conter, obrigatoriamente, as seguintes seções:
 - ✓ **Título (em português e inglês);**
 - ✓ **Resumo e Abstract (entre 200 e 300 palavras);**
 - ✓ **Palavras-chave e Keywords (entre 3 e 5 palavras);**
 - ✓ **Introdução;**
 - ✓ **Corpo do texto;**
 - ✓ **Considerações finais;**
 - ✓ **Referências.**
- **Título:** o título deverá ser curto e informativo. Como eles são importantes para os mecanismos de busca, sugerimos aos autores que evitem títulos genéricos (ex.: Análise da paisagem urbana no município de Uberlândia – MG) e optem por títulos que possam atrair o interesse de especialistas de várias áreas, fazendo referência ao principal resultado encontrado da pesquisa. Os autores não devem usar abreviações, a menos que essas sejam de amplo conhecimento do público e/ou do campo geográfico (ex. DNA, ONU, OMS, SIG, LANDSAT, etc...).
- **Resumo e Abstract:** Nesta seção, os autores devem apresentar brevemente o artigo. Ela deve capturar a essência da pesquisa, pois ela é a principal fonte de informações sobre o trabalho para a maioria dos leitores. A primeira frase do resumo/abstract deve contextualizar, em poucas palavras, o artigo em um campo de conhecimento mais amplo. Na sequência, os autores deverão apresentar mais especificamente o tema do artigo. Em seguida, deverão estar as informações sobre os OBJETIVOS/MÉTODOS e posteriormente os resultados. A última frase deve destacar as principais CONCLUSÕES do estudo. Não incluir citações e abreviações nesta seção.
- **Palavras-chave e Keywords:** após o resumo/abstract, os autores devem apresentar uma lista com no mínimo três e no máximo cinco palavras-chave/keywords. Estas não devem repetir palavras que já estão no título do artigo. Palavras-chave compostas não deverão ter mais do que três elementos.
- **Introdução:** a Introdução será sempre a primeira seção do artigo, portanto numere-a como 1. Nela, os autores deverão contextualizar o tema do artigo, partindo das questões mais gerais às específicas da pesquisa, finalizando na apresentação dos objetivos e das hipóteses (quando houver). Na Introdução não deve haver subseções.
- **Corpo do texto:** após a Introdução, as demais seções do texto deverão ser numeradas sequencialmente (2, 3, 4...). Subseções deverão ser numeradas como 2.1. (depois 2.1.1, 2.1.2...), 2.2., etc. No Corpo do texto deverão ser apresentados os métodos utilizados, os resultados encontrados e a discussão dos dados da pesquisa. Vários autores utilizam a estrutura IMRED (Introdução, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, estes dois últimos juntos ou separados) para o Corpo do Texto. Artigos teóricos, entretanto, podem utilizar outras estruturas, desde que a primeira seção seja sempre a Introdução. No desenvolvimento dessa seção, os autores não deverão utilizar, em nenhuma parte do texto, estrutura de tópicos, rodapés, cabeçalhos, etc.

- **Considerações finais:** após o Corpo do texto, os autores deverão elaborar suas considerações finais. Elas devem ser breves e responder às questões da pesquisa levantadas na introdução, correspondentes aos objetivos e hipóteses, e apontar as principais contribuições da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros. Esta seção não é uma repetição do resumo. Similar à seção anterior, as Considerações finais não deverão ser elaboradas na forma de tópicos.
- **Referências:** nesta seção, os autores deverão acrescentar todas as referências citadas no texto. As citações e referências são baseadas no padrão ABNT.
 - ✓ Evite referências de difícil acesso (CD-ROMS, pen-drives, etc...)
 - ✓ No texto, as citações devem seguir o padrão: Abreu e Silva (2019) ou (ABREU; SILVA, 2019); para citações diferentes do mesmo autor, Silva (2012; 2019) ou (SILVA, 2012; 2019), para citações indiretas de vários autores, utilizar ordem alfabética (ABREU; SILVA, 2019; SILVA, 2012); a partir de três autores, utilizar o padrão Vigevani et al. (2008) ou (VIGEVANI et al., 2008).
 - ✓ Ao final deste documento, os autores encontrarão exemplos para formatação das referências. Os autores deverão **OBRIGATORIAMENTE** acrescentar o número DOI daquelas referências que o possuírem. Para verificar quais referências possuem DOI, acessar o site <https://apps.crossref.org/SimpleTextQuery>, copiar e colar as referências no espaço adequado e clicar em 'Submit'. Aguardar o resultado e copiar os DOIs. Além disso, todos os links devem estar ativos.

Orientações para elaboração de Figuras e Tabelas

- **Figuras:**
 - ✓ Todas as ilustrações (desenho, esquema, fluxograma, fotografia, gráfico, mapa, organograma, planta, quadro, retrato, imagem, dentre outros) serão nomeadas Figuras.
 - ✓ As figuras devem ter a resolução mínima de 300 dpi e não devem exceder o tamanho máximo de uma página. Eles devem ter formato jpeg, png, bitmap, tiff ou similares.
 - ✓ As figuras devem ser citadas no texto (Figura 1, Figura 2, etc.) e posicionadas próximas à citação. Evite citar as figuras como "A Figura 1 demonstra os resultados da análise de cobertura vegetal para o período chuvoso". Ao invés disso, use "No período chuvoso, a cobertura vegetal foi maior do que no período seco (Figura 1)".
 - ✓ Múltiplas imagens no interior de uma única figura devem ser identificados como A, B, C, etc. Toda a ilustração deve ser salva como uma única figura.
 - ✓ O título da figura deve conter todas as informações que possibilitem o seu entendimento. Ele deve estar posicionado acima dela, enquanto a fonte deve estar abaixo, conforme exemplo:

Figura 1 – Localização da Ilha da Trindade, Brasil, Atlântico Sul, ocupada permanentemente desde 1957.



Fonte: Nogueira et al. (2020).

- ✓ Se a figura for de autoria própria, deve-se indicar “Fonte: os autores.”;
 - ✓ Não utilizar bordas e/ou efeitos na figura.
- **Tabelas e Quadros:**
 - ✓ As tabelas e quadros devem ser formatados diretamente no Word, portanto não devem ser inseridos como imagens.
 - ✓ As tabelas e quadros devem ser citados no texto (Tabela 1, Quadro 2, etc.) e posicionados próximos à citação. Evite citações como “A Tabela 1 demonstra os resultados da análise de cobertura vegetal para o período chuvoso”. Ao invés disso, use “No período chuvoso, a cobertura vegetal foi maior do que no período seco (Tabela 1)”.
 - ✓ O título das tabelas e quadros deve conter todas as informações que possibilitem o seu entendimento. Ele deve estar posicionado acima, enquanto a fonte deve estar abaixo, conforme exemplo:

Tabela 1 – Classificação de Declividade proposta pela Embrapa (1999).

CLASSE DE RELEVO	DECLIVIDADE (%)
Plano	0 – 3
Suave ondulado	3 – 8
Ondulado	8 – 20
Forte ondulado	20 – 45
Montanhoso	45 – 75
Escarpado	> 75

Fonte: Nogueira et al. (2020).

- ✓ Se a tabela ou quadro for de autoria própria, deve-se indicar “Fonte: os autores.”;
- ✓ Evite tabelas e quadros que excedam o tamanho de uma página;
- ✓ Não utilizar espaços, quebras de seção, parágrafos, etc. para posicionar elementos no interior das tabelas e quadros.

Outras observações

- Para acrônimos, apresentar o nome inteiro na primeira citação e apenas a sigla nas seguintes. Ex.: segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)... O IBGE é responsável pelos dados censitários da população brasileira...
- O número de casas decimais deverá ser padronizado ao longo do texto.
- Todos os links do texto (incluindo nas Referências) devem estar ativos.
- Os artigos são publicados de forma contínua, apenas em versão eletrônica no site da Revista.

Exemplos de formatação das Referências

- ÁVILA, M. B. Direitos sexuais e reprodutivos: desafios para as políticas de saúde. **Cad. Saúde Pública**, v. 19, p. 465-469, 2003. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2003000800027>
- BRASIL. **Medida Provisória nº 2.230, de 8 de setembro de 2001**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/Antigas_2001/2230.htm>. Acesso: Setembro 04, 2008.
- FREYRE, G. **Casa grande & senzala: formação da família brasileira sob regime de economia patriarcal**. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1943. 2 v.
- FREYRE, G. **Sobrados e mucambos: decadência do patriarcado rural no Brasil**. São Paulo: Ed. Nacional, 1936.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. 2014. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas>>. Acesso: Março 28, 2014.
- MINAYO, M. C. S.; GOMES, S. F. D. R. (Org.) **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 30 ed. Petrópolis: Vozes, 2011. (Coleção Temas Sociais).
- SANTOS, M. A metrópole: modernização, involução e segmentação. In: VALLADARES, L.; PETRECEILLE, E. (Coord.) **Reestruturação urbana: tendências e desafios**. São Paulo: Nobel, 1990. p. 183-191.
- SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. **Diretrizes para a política ambiental do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1993.

SILVA, A. R. da. **O papel das políticas públicas no desenvolvimento sustentável do arranjo produtivo moveleiro de Ubá-MG**. 2008. 144 f. Thesis (Master Degree in Administration) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SOUZA, E. B. C. **Estado**: produção da região do Lago de Itaipu - turismo e crise energética. Tese (Doutorado em Geografia) – Presidente Prudente: UNESP. 2002.

ANEXO 2 – Normas da Revista Brasileira de Ciências Ambientais



Diretrizes para Autores

Escopo

A Revista Brasileira de Ciências Ambientais (RBCIAMB), é uma revista interdisciplinar voltada para os aspectos ecológicos, ambientais, territoriais, sociais, culturais, econômicos e políticos da sustentabilidade e das ciências ambientais. É um espaço de troca de ideias, informação, conhecimento e tecnologia, nas diversas perspectivas e disciplinas que devem ser combinadas para formular soluções eficazes que visem o desenvolvimento sustentável. Na perspectiva da interdisciplinaridade, a revista examina questões em recursos naturais, conservação ambiental, recursos hídricos, gestão de resíduos, tecnologias ambientais e limpas, gestão ambiental, percepção social, educação ambiental, desenvolvimento urbano, saúde pública, políticas públicas, agricultura sustentável, entre outros temas associados. a sustentabilidade. As coproduções interinstitucionais, envolvendo instituições nacionais ou estrangeiras, são especialmente bem-vindas.

A RBCIAMB é uma publicação trimestral, editada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Publica artigos originais e completos, com revisão por pares. A RBCIAMB não publica simples diagnósticos, que sejam aplicações de técnicas conhecidas e se constituam em trabalhos técnicos que não contribuam para o avanço da ciência. Da mesma forma, análises bibliométricas não serão publicadas na revista, sem evidências claras que tais análises contribuem para o desenvolvimento científico. Também não serão aceitos trabalhos estritamente disciplinares, circunscritos predominantemente em um campo de conhecimento, sem interface com outras áreas e sem convergência de diversos conhecimentos e saberes.

Se o artigo já tiver sido apresentado em congresso, a versão para a revista deve ter significativo incremento em relação à versão publicada em evento, configurando efetivamente um novo artigo.

Idioma

Para artigos submetidos a partir de **01/02/2020** a publicação será somente na língua inglesa. A submissão pode ser em inglês ou português e, caso aprovado, os autores devem providenciar a versão final em inglês.

Estrutura e Formatação

Título, Resumo e Palavras-Chave:

Texto em português deve conter, também, título, resumo e palavras-chave em inglês.

Texto em inglês deve conter, também, título, resumo e palavras-chave em português.

Resumo com no máximo 250 palavras.

O artigo completo deverá ser formatado tamanho de página A-4, margens 3 cm para esquerda e superior e 2 cm inferior e direita; fonte Times New Roman, corpo 12 e o espaçamento entre as linhas deverá ser 1,5. As páginas deverão ser devidamente numeradas e o artigo integral deverá ter no máximo 25 páginas.

No momento da submissão, ao inserir os **autores** no Sistema, é obrigatório informar: nome completo, e-mail, ORCID, titulação, vínculo institucional completo contendo instituição, função, cidade, país. Estas informações devem constar somente no Sistema, preenchidos no momento do cadastro. **IMPORTANTE:** não colocar estas informações no corpo do artigo no envio da contribuição original.

Para submissões a partir de **15/10/2020**, os autores deverão inserir documento, anexo, com as seguintes informações (no item 2. Transferência do manuscrito – Selecione o componente do artigo – Outros):

a) se há ou não conflito de interesse

b) fonte de financiamento

c) contribuição dos autores (Conceituação, Curadoria de dados, Análise Formal, Aquisição de financiamento, Investigação, Metodologia, Administração de projetos, Recursos, Programas, Supervisão, Validação, Visualização, Escrita - rascunho original, Escrita - revisão e edição)

Referências

A partir de 15/10/2020 as referências devem ser apresentadas no final do manuscrito, em ordem alfabética de acordo com o sobrenome do primeiro autor, modelo autores, data. A Revista Brasileira de Ciências Ambientais (*Brazilian Journal of Environmental Sciences*) adota as normas padrão Chicago com adaptações (*Chicago Manual of Style*).

Todas as publicações citadas no texto devem ser apresentadas em uma lista de referências que deve ser organizada alfabeticamente por nomes dos autores e cronologicamente por autor. O manuscrito deve ser cuidadosamente verificado para garantir que a ortografia dos nomes e datas do autor sejam exatamente as mesmas do texto como na lista de referência.

No texto refere-se ao nome do autor (sem inicial) e ano de publicação, seguido - se necessário - por uma breve referência às páginas apropriadas.

Se a referência for feita no texto a uma publicação escrita por mais de dois autores, o nome do primeiro autor deve ser usado seguido por "et al". Essa indicação, no entanto, nunca deve ser utilizada na lista de referências. Nesta lista devem ser mencionados nomes de primeiros autores e coautores.

O uso do DOI é altamente recomendado. Na fase de prova os dados que faltarem nas referências serão solicitados aos autores para correção. As referências devem ser organizadas de acordo com os seguintes exemplos:

Exemplos:

Citações no texto

Um autor:

no parágrafo: Schultz (2020) ou
entre parênteses: (Schultz, 2020)

Dois autores:

no parágrafo: Schultz and Luz (2020) ou
entre parênteses: (Schultz and Luz, 2020)

Três ou mais autores:

no parágrafo: Mello et al. (2020)
entre parênteses: (Mello et al., 2020)

Documentos do mesmo autor, publicações do mesmo ano:

no parágrafo: Brazil (2020a, 2020b) ou
entre parênteses: (Brazil, 2020a, 2020b)

Citações com números de página

Uma página: Schultz and Luz (2020, p. 201)

Com intervalo: (Schultz and Luz, 2020, pp. 201-210)

Lista de Referências

Artigos em revistas

Soares, R.; Silva, S.; Souza Filho, F.; Studart, T.; Frota, R., 2020. Groundwater vulnerability to agrochemical contamination. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)*, v. 55, (4), 440 - 455. <https://doi.org/10.5327/10.5327/Z2176-947820200531>.

Livro

Gaugh, Jr., H.G., 1992. *Statistical Analysis of Regional Field Trials*. Elsevier, Amsterdam, 278 pp.

Capítulo de livro

Cox, G.; Lowe, P.; Winter, M., 1990. The political management of the dairy sector in England and Wales. In: Marsden, T.; Little, J. (Eds.), *Political, Social and Economic Perspectives on the International Food System*. Avebury, Aldershot, pp. 82-111.

Dissertações e teses

Dalberto, G., 2020. *Coloniality and Security: discourses and practices of security sector reform in*

Liberia. Doctoral Thesis, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. doi:10.11606/T.8.2020.tde-04112020-212829. Retrieved 2020-11-05, from www.teses.usp.br

Leis

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2005. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília.

Homepage

Washington State Department of Ecology, 2020. Washington Geospatial Open Data Portal (Accessed November 15, 2019) at: <http://geo.wa.gov/datasets>.