

SOLO, ÁGUA, PLANTA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS:

Impactos e suas transformações
no Sul do Amazonas

José Maurício da Cunha
Milton César Costa Campos
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
(Organizadores)

SOLO, ÁGUA, PLANTA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS:

Impactos e suas transformações
no Sul do Amazonas

José Maurício da Cunha
Milton César Costa Campos
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
(Organizadores)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

José Maurício da Cunha

Milton César Costa Campos

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso



Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Solo, água, planta e variáveis ambientais: impactos e suas transformações no sul do Amazonas

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: José Maurício da Cunha
Milton César Costa Campos
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S689 Solo, água, planta e variáveis ambientais: impactos e suas transformações no sul do Amazonas / Organizadores José Maurício da Cunha, Milton César Costa Campos, Douglas Marcelo Pinheiro da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0234-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.343221905>

1. Solo - Uso - Amazônia. 2. Água. 3. Plantas. I. Cunha, José Maurício da (Organizador). II. Campos, Milton César Costa (Organizador). III. Silva, Douglas Marcelo Pinheiro da (Organizador). IV. Título.

CDD 333.75130981

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O Bioma Amazônico é caracterizado por ser uma região bastante extensa, apresentando elevada diversidade geológicas, geomorfológicas, edáficas, climáticas e de vegetação. Contudo, a composição e as características funcionais de espécies vegetais apresentam grandes efeitos na dinâmica dos ecossistemas florestais. Assim, com o intuito de obter maior conhecimento da dinâmica dos nutrientes em áreas de recuperação florestal, manutenção da produtividade em sítios degradados, avaliação de impactos do solos em ambiente sobre intensa ocupação humana, assim como os impactos decorrentes de incêndios florestais, estudos correlatos tem sido profundamente discutidos em diversas temáticas, com a finalidade de obter informações relevantes para melhor compreender os funcionamentos desses ecossistemas.

Os estudos sobre ecossistemas da Amazônia, especialmente no Sul-sudeste do Amazonas, vem sendo discutidos por meio de pesquisas acadêmicas a partir do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, desde o ano de 2016, com a implantação no Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas em Humaitá, que, na ocasião, conseguiu produzir resultados importantes na construção de um conhecimento crítico da real dinâmica espaço-temporal das transformações ambientais no contexto Amazônico, promovido por um pequeno grupo de estudantes e professores com trabalhos voltados para estudar as relações entre solo, água, planta e variáveis ambientais.

O Grupo de Pesquisa “Solos em Ambientes Amazônico”, criado em 2009, foi se destacando em importantes pesquisas à medida que se consolidava, com aprovações de Projetos de Pesquisas, que auxiliaram e continua a auxiliar o grupo a prover infraestrutura adequada na realização de diversas frentes de pesquisas, como Projetos de Iniciação Científica, Trabalhos de Conclusão de Curso de Graduação, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado, favorecendo a geração de conhecimento e formação de recursos humanos altamente qualificadas no interior da Amazônia. Além disso, o grupo de pesquisa também realizou Eventos Científicos e de Popularização da Ciência e publicação de Livros.

Dessa forma, as pesquisas oriundas do Grupo de Pesquisa “Solos e Ambiente Amazônico” e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais é que tornaram-se possível apresentar esta **Coletânea de Trabalhos em solo, água, planta e variáveis ambientais**, oriundo de Dissertações de Mestrado.

Agradecemos à Pro-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESP) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), que apoiou a realização deste livro através do EDITAL N.31/2021 – PROPESP/UFAM: PROGRAMA DE APOIO À PUBLICAÇÃO DE LIVROS – 2021, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), que apoiou a realização do ***III Simpósios de Ciência do Solo da Amazônia Ocidental***,

sendo possível apresentar o material intitulado: **“Solo, água, planta e variáveis ambientais: impactos e suas transformações no Sul do Amazonas”**.

Milton César Costa Campos

José Maurício da Cunha

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTIMATIVA DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM UMA MICROBACIA DO RIO PURUZINHO, SUL DO AMAZONAS

Uilson Franciscon
José Maurício da Cunha
Milton César Costa Campos
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
Natasha Souza Araújo Lemos
Elilson Gomes de Brito Filho
Wildson Benedito Mendes Brito

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219051>

CAPÍTULO 2..... 34

ATRIBUTOS FÍSICOS, CARBONO ORGÂNICO E DIMENSÃO FRACTAL DA TEXTURA EM SOLOS SOB AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS NA REGIÃO SUL DO AMAZONAS

José Cezar Frozzi
José Maurício da Cunha
Milton César Costa Campos
Anderson Cristian Bergamin
Wildson Benedito Mendes Brito
Uilson Franciscon
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
Alan Ferreira Leite de Lima
Elilson Gomes de Brito Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219052>

CAPÍTULO 3..... 85

ESTUDO DA SERAPILHEIRA, BIOMASSA RADICULAR E VARIÁVEIS DO SOLO: UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL NA AMAZÔNIA

Ozias da Cunha Bello
José Maurício da Cunha
Milton César Costa Campos
Alan Ferreira Leite de Lima
Elilson Gomes de Brito Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219053>

CAPÍTULO 4..... 116

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO SUL DO AMAZONAS

Natasha Souza Araújo Lemos
José Maurício da Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219054>

CAPÍTULO 5..... 168

MODELAGEM DA PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NO SUL DO AMAZONAS UTILIZANDO O MÉTODO DA MÁXIMA ENTROPIA

Rômulo Henrique Marmentini Vogt

José Maurício da Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219055>

CAPÍTULO 6..... 193

CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS EM UMA LITOSSEQUÊNCIA ARENITO-GNAISSE EM MANICORÉ – AM

Julimar da Silva Fonseca

Milton César Costa Campos

Bruno Campos Mantovanelli

Laércio Santos Silva

Alan Ferreira Leite De Lima

Elilson Gomes de Brito Filho

José Maurício da Cunha

Emily Lira Simões

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219056>

CAPÍTULO 7..... 245

FRAÇÕES ORGÂNICAS DO CARBONO EM AMBIENTES DE PASTAGENS E FLORESTA NO NORTE DE RONDÔNIA

Elyenayra Nogueira Pinheiro

Milton César Costa Campos

Elilson Gomes de Brito Filho

José Maurício da Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219057>

CAPÍTULO 8..... 275

ERODIBILIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS NO CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL SUL DO AMAZONAS

Abdul Luis Hassane

Milton César Costa Campos

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

José Maurício da Cunha

Juliana Malta de Assis

Wildson Benedito Mendes Brito

Alan Ferreira Leite de Lima

Elilson Gomes de Brito Filho

Flávio Pereira de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219058>

CAPÍTULO 9.....295

APORTE E DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA E ATRIBUTOS DO SOLO NO CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL DA AMAZÔNIA

Maria Clécia Gomes Sales
Milton César Costa Campos
Elilson Gomes de Brito Filho
José Maurício da Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3432219059>

SOBRE OS ORGANIZADORES321

CAPÍTULO 8

ERODIBILIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS NO CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL SUL DO AMAZONAS

Data de aceite: 10/03/2022

Data de submissão: 03/03/2022

Abdul Luis Hassane

Universidade do Estado do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<https://orcid.org/0000-0002-9829-5307>

Milton César Costa Campos

Centro de Ciências Agrárias – Universidade
Federal da Paraíba
Areia - Paraíba
<https://orcid.org/0000-0002-8183-7069>

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -
Universidade Federal do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<http://orcid.org/0000-0001-8147-5726>

José Maurício da Cunha

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -
Universidade Federal do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<https://orcid.org/0000-0003-4057-1708>

Juliana Malta de Assis

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -
Universidade Federal do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/6210391479219947>

Wildson Benedito Mendes Brito

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -
Universidade Federal do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<https://orcid.org/0000-0002-4267-5992>

Alan Ferreira Leite de Lima

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -
Universidade Federal do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<https://orcid.org/0000-0001-7959-8778>

Elilson Gomes de Brito Filho

Centro de Ciências Agrárias – Universidade
Federal da Paraíba
Areia - Paraíba
<https://orcid.org/0000-0001-6718-2126>

Flávio Pereira de Oliveira

Centro de Ciências Agrárias – Universidade
Federal da Paraíba
Areia - Paraíba
<https://orcid.org/0000-0001-7968-6145>

RESUMO: Os solos amazônicos vêm sofrendo severas mudanças provocadas por atividades antrópicas, dentre as quais se destaca a transformação de áreas de florestas em áreas de cultivos, o que pode causar alterações significativas nos atribuídos dos solos em diversos ambientes, resultando na intensificação da ocorrência da erodibilidade do solo. Por essa razão, o trabalho teve como objetivo determinar a erodibilidade do solo, seus indicadores, e ainda avaliar a aplicabilidade das equações de predição de perdas de solo propostas por Denardin (1990) e Flanagan & Livingston (1995) sob ambientes naturais e antropizados, no contexto socioambiental, na região Sul do Amazonas. Foram selecionadas áreas de aproximadamente um hectare em cada ambiente de estudo, dessas,

contendo de floresta nativa 1 (FN1), floresta nativa 2 (FN2), Cerrado, Cerradão e ambientes antropizados de pastagem, espécies de teca (*tectona grandis*), Jenipapo (*genipa americana*) e Mista: subcultivos (*tectona grandis* e *genipa americana*). Em cada ambiente, áreas de aproximadamente de 1 hectare. As amostras de solo foram coletadas de forma aleatória com uso de trado holandês, na profundidade de 0,00-0,20 m, com 32 pontos amostrais por área, totalizando 256 amostras em 8 áreas. Foram realizadas análises laboratoriais para determinação da análise granulométrica, frações da areia e da matéria orgânica do solo (MOS). A erodibilidade foi estimada a partir de métodos indiretos de predição e os dados foram submetidos às análises de estatísticas descritiva, multivariadas, comparadas pelo teste de Tukey (a 5%) de probabilidade de correlação de Pearson e, por fim, uma análise factorial dos componentes principais (CP1 e CP2). Os resultados mostraram que atividades de práticas de queimada, desmatamento, exploração de madeira, mineração e agropecuária nos solos amazônicos devem ser antecipadamente planejadas e as práticas de conservação também aplicadas cuidadosamente, desde o início do uso do solo, a fim de preservar e aumentar a produtividade do solo e garantir sua utilização por gerações presentes e futuras. Há necessidade da realização de diagnósticos ambientais para identificar, caracterizar e mapear as áreas de maior ocorrência da erosão no sul do Amazonas, visando assegurar a conservação da biodiversidade, qualidade ambiental do uso do solo e a garantia do desenvolvimento sustentável, ambiental e socioeconômico da população regional. As áreas avaliadas mostram que FN1, FN2, cerradão e pastagem apresentam alto nível de erodibilidade em relação as áreas de cerrado, jenipapo, teca e mista. Alto nível de erodibilidade é considerado o critério de maior susceptibilidade à erosão, isto é, solos que possuem grande erodibilidade apresentaram maior predominância da fração de areias, fator K, K_1 , K_r e baixo teor de argila. A mudança no uso e na ocupação do solo, por diversas atividades antrópicas e de forma não planejada, pode alterar e degradar o meio ambiente, impactando a produtividade agrícola, degradando o solo e provocando instabilidade econômica sobre a sociedade, o que acelera ainda mais o processo erosivo. Entretanto, com análise das áreas avaliadas, há necessidade de monitoramento e adoção de práticas conservacionistas do solo, a fim de minimizar a erodibilidade, contribuindo para o incremento da sustentabilidade e da qualidade ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Atributo dos solo. Manejo do solo. Processo erosivos. Solos amazônicos.

INTRODUÇÃO

Uso intensivo dos recursos naturais, a falta de planejamento no uso e ocupação do solo, associado à falta de políticas públicas de preservação do meio ambiente, vêm ocasionando modificações nos atributos dos solos, resultando em sérios danos e impactos ambientais ao meio ambiente. Portanto, a ação antrópica vem causando mudanças significativas no uso e ocupação do solo, contribuindo para o desenvolvimento de muitos impactos ambientais negativos que causam a degradação dos recursos naturais, principalmente devido à agricultura e ao manejo inadequado do solo no sul do Amazonas.

O processo de ocupação da Amazônia Legal caracterizou-se pelo uso incorreto dos recursos naturais, principalmente o solo (CAMPOS et al., 2015). Como consequência da destruição da vegetação, representada por diferentes biomas, o que foi sendo fragmentado, houve a conversão desses espaços para atividades agrícolas e pastagem (SOUZA, 2018). Na Amazônia, a erosão dos solos está ligada diretamente a questões sociais, econômicas e ambientais, passível de afetar o meio rural e urbano (SANTOS et al., 2015). Com isso, cresce a preocupação pela ação antrópica negativa, que altera e modifica o meio ambiente, contribuindo para a degradação do solo pelas atividades praticadas, provocando, assim, a erosão dos solos (SILVA et al., 2015).

As atividades antrópicas são ações realizadas pelo homem. Nas últimas décadas, essas ações vêm ganhando destaque em diversas discussões sobre o meio ambiente, provocando grandes alterações do ambiente e têm desencadeado um cenário de extrema preocupação em diversos estudos científicos no âmbito ambiental e socioeconômico (CAJAIBA, 2014). Estas ações incluem: queimadas e incêndios florestais, desmatamento intenso, superexploração da agropecuária, atividade madeireira, mineração e contaminação do solo, cada vez maior nas áreas rural e urbana, gerando uma situação de degradação ambiental com prejuízos irreversíveis. Assim, resultando em problemas ambientais como a perda da biodiversidade, desequilíbrio ao ecossistema, ocasionando problemas na alteração das propriedades físicas e químicas dos solos, além de que acarretam a ocorrência das secas, diminuição da vegetação e empobrecimento do solo (BRADY et al., 2013; SILVA et al., 2015).

O conhecimento das características e qualidades de atributos químico, físico e biológico do solo é indispensável para avaliação dos impactos da erodibilidade, das potencialidades e limitações ambientais de uma dada região. Além disso, são necessários para se estabelecer sistemas de manejo com a utilização de tecnologias adequadas, de modo a promover a sustentabilidade e a permanência dos recursos naturais (SOUZA 2018). O estudo detalhado do solo é um instrumento para o planejamento conservacionista, como meio de nortear o uso e ocupação mais adequados, com vistas à sustentabilidade ambiental (VASCONCELOS et al., 2016).

O impacto socioambiental na erodibilidade do solo é intensamente influenciado pelas modificações nos atributos físicos e químicos dos solos e, por conseguinte, pelos manejos adotados (BERTONI; LOMBARDI NETO 2014; LIMA, et al., 2016). Nesse contexto, a erodibilidade dos solos representa, de forma direta, a suscetibilidade natural do solo à erosão em distintas subáreas de manejos. Para se quantificar, usa-se o fator erodibilidade do solo (K), que é uma variável da Equação Universal de perdas de solos (USLE) que expressa, quantitativamente, a suscetibilidade do solo à erosão (WISCHMEIER et al., 1978). Para estimar erodibilidade, usa-se K, Ki, Kr e tc, uma das variáveis da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) que expressa, quantitativamente, a suscetibilidade do

solo à erosão hídrica.

As equações analisadas permitiram boas estimativas dos valores de erodibilidade global (K), em entressulcos (K_i) e em sulcos (K_r) e tensão cisalhante crítica (t_c). De acordo com Denardin (1990), a erodibilidade pode ser quantificada por três meios distintos: (i) com base na perda de solos e na determinação do fator de erosividade das chuvas, avaliados sob condições naturais e durante um longo período de tempo, de forma a incorporar uma grande variedade de eventos pluviométricos; (ii) estudos de simulação dos solos naturais em condições bem controladas em laboratório; (iii) computação de índices de ponderação por meio de equações matemáticas que incluam, como variáveis independentes, parâmetros do solo fortemente associados aos efeitos da erodibilidade. Essas equações têm sido comumente ajustadas por meio de tendências estatísticas estabelecidas a partir de valores de referências obtidos para parâmetros físicos, químicos e/ou mineralógicos do solo (WISCHMEIER et al., 1978).

A quantificação das perdas de solo por erosão hídrica visando principalmente auxiliar na definição das técnicas de manejo e práticas conservacionistas adequadas para cada região, minimizando, desta forma, os prejuízos ambientais e econômicos, e aumentar a qualidade do solo. Assim, o presente modelo leva em consideração os atributos químicos e físicos dos solos, e também tem sido bastante empregado em diversos estudos sobre impacto de erodibilidade em solos brasileiros, sobre o viés conservacionista e ambiental (ARRAES et al., 2010; COSTA et al. 2004; DEMARCKI, 2014; SOUZA, 2018).

Desta forma, a presente pesquisa é uma abordagem metodológica quantitativa, utilizando técnicas indiretas de trabalho de campo, análises laboratoriais dos atributos físicos e matéria orgânica do solo, com auxílio de técnicas de estatística descritiva e multivariada, a fim de determinar a erodibilidade do solo em áreas sob ambientes naturais e antropizados no contexto socioambiental do Sul do Amazonas.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização das áreas de estudo

O estudo foi desenvolvido em três propriedades rurais que fazem parte do município de Humaitá, Sul do Estado do Amazonas (Brasil), sob as coordenadas geográficas de latitude: 7° 30' 22" S e longitude: 63° 01'15" W. As áreas de floresta nativa 1 (FN1), cerrado e cerradão, foram coletadas nas margens da BR-319, em área pertencente ao 54º Batalhão de Infantaria de Selva do Exército Brasileiro. Pastagem e floresta nativa 2 (FN2) nas margens da BR-319 em direção a Manaus. As áreas de teca (*tectona grandis*), jenipapo (*genipa americana*) e mista subcultivo (*tectona grandis* e *genipa americana*) em uma propriedade rural localizada na margem da BR-230. (Figura 1).

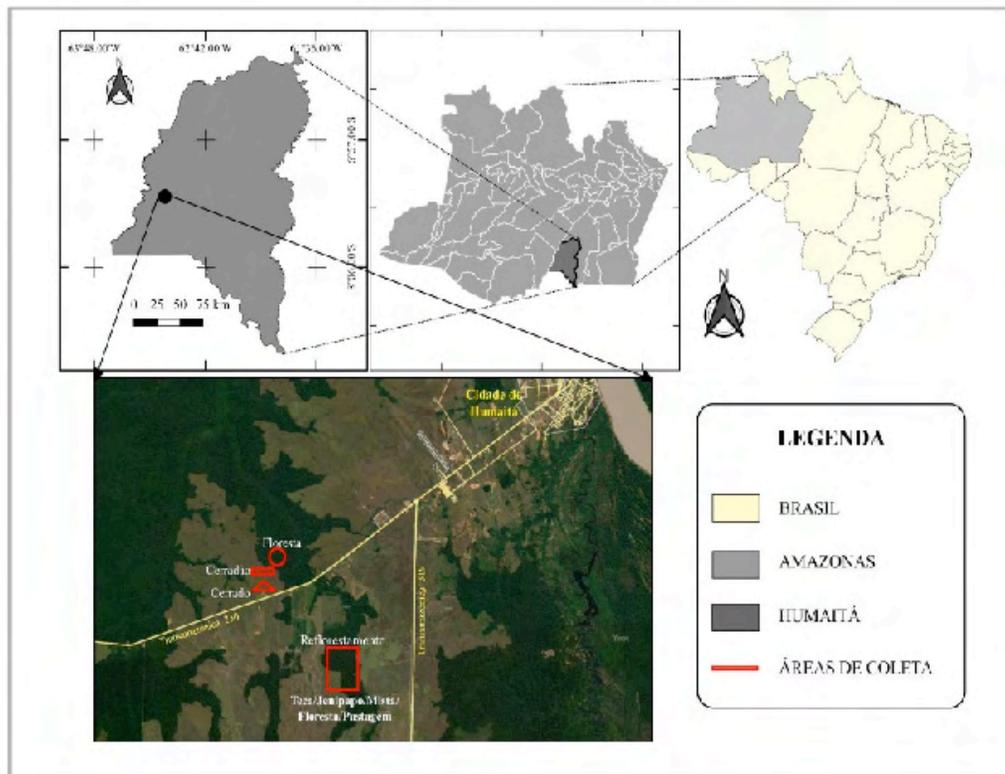


Figura 1. Localização das áreas de Estudo. Mapa do estado do Amazonas, destacando as oito áreas de estudo no município de Humaitá-AM.

O material de origem dos solos da região é proveniente dos sedimentos aluviais que são cronologicamente oriundos do Holoceno (BRASIL, 1978). O clima no Amazonas é o equatorial (quente e úmido), com umidade relativa do ar variando de 76 a 89% e temperaturas médias de 22,0 a 31,7° C, possuindo duas estações bem definidas: o inverno, considerado o período das chuvas e o verão, período da seca ou período menos chuvosos (CAMPOS, 2012).

A vegetação da região apresenta um característica de floresta tropical densa tendo, assim, a presença de árvores multiestratificadas entre 20 e 50 m de altura (ZEE-AM, 2008; CAMPOS, 2012). O relevo desta região é variado, onde se tem uma parte inserida na província geomorfológica de acumulação da Planície Fluvial, periódica ou permanentemente alagada, e a outra parte localizada em formas dissecadas de interflúvios tabulares, com relevos de topo aplainado, separados geralmente por vales em "V" e/ou, localmente, vales de fundo plano (BRASIL, 1978).

Uso	Manejo
Cerrado	A área apresenta uma formação de aspecto mais uniforme, composta de árvores mais baixas e sofrem muito com a pressão do fogo no período seco.
Cerradão	A área apresenta como fisionomia predominante o componente arbóreo-arbustivo. Trata-se de uma mata mais rala e fraca, caracterizada pela presença de espécies que ocorrem no Cerrado, restrito também por espécies de mata, sendo que, do ponto de vista fisionômico, é uma floresta, mas floristicamente é mais similar a um cerrado.
Floresta nativa 1 (FN1)	Localiza-se nas áreas mais elevadas e de melhor drenagem da paisagem, funcionando com um divisor de água, e apresenta um fisiografia de floresta tropical densa, cujo a vegetação é árvores que vária entre 20 a 50m de altura
Floresta nativa 2 (FN2)	A área apresenta um processo de conversão caracterizada como floresta tropical ombrófila, cuja vegetação é perenifólia caracterizada pelo presença de fenerófitos (plantas cujas gemas de renovação se encontram a mais de 25 cm do solo), além de ser constituída por árvores adensadas e multiestratificadas entre 20 a 50 metros de altura.
Pastagem	A área vem sendo utilizada para pasto há dez anos, tem sua origem com a derrubada e queima da floresta, com conseqüente realização de destocamento manual para limpeza da área no primeiro ano de cultivo. Sem histórico de adubação e calagem, apenas é realizado o controle das plantas daninhas com utilização de roçadeira motorizada, além de pulverização com herbicida glifosato para controle do sapé (<i>Imperata brasiliensis</i>). Declividade média em torno de 3%.
Teca (<i>Tectona grandis</i>)	As áreas vêm sendo preservadas há mais de doze anos, com início de reflorestamento com árvores de porte mediano, chegando a apresentar até quinze metros de altura. Oriunda de derrubada e queima da floresta, com conseqüente realização de destocamento manual para limpeza da área no primeiro ano de cultivo. As áreas apresentam um histórico que teve início com a preparação do solo com o uso de calagem e adubação.
Jenipapo (<i>Genipa americana</i>)	
Mista (as sobcultivo <i>Tectona grandis</i> e <i>Genipa americana</i>)	

Tabela 2. Histórico de uso e manejo das áreas selecionadas para o estudo.

Metodologia de campo

Para coleta dos solos, foram selecionadas para cada área aproximadamente um hectare. As amostras foram coletadas de forma aleatória com uso de trado holandês sob uma profundidade de 0,00-0,20 m, com 32 pontos de amostragem em cada área, perfazendo um total de 256 amostras nas oito áreas avaliadas. Em cada ponto amostral do solo, foram coletadas estrutura preservada em forma de torrão para determinação da análise textural do solo e do carbono orgânico. As amostras foram secas à sombra e levemente destorroadas de forma manual, passado a mesma em peneira de 2,0 mm de diâmetro de malha, para as referidas análises.

Análise em Laboratório

Primeiramente, foi realizada uma análise granulométrica, com solução de NaOH a 0,1 mol L⁻¹ como dispersante químico, seguido de 16 horas de repouso. Em seguida, a

suspensão foi transferida para copos metálicos com água e acoplados no agitador elétrico tipo Stirrer a 12.000 RPM, marca Solotest, por 15 minutos. A fração argila e silte foram separadas pelo método da pipeta e a areia por tamisação (TEIXEIRA et al., 2017).

Em seguida, as frações granulométricas da areia foram peneiradas para determinação de suas dimensões, utilizando-se um Agitador de Peneiras, modelo SOLOTEST com reostato digital marcador de tempo e frequência. Considerando o tipo de solo e a finalidade deste trabalho, cada amostra foi agitada durante 3 minutos utilizando-se as peneiras comuns com malhas de 2 mm; 1 mm; 0,5 mm; 0,250 mm; 0,125 mm e 0,053 mm.

Em seguida, foi estimado o teor de matéria orgânica do solo (MOS) com base no carbono orgânico pelo método de Walkley & Black (1934), com alterações determinadas pelo método de oxidação via úmida, com aquecimento externo (Yeomans & Bremner 1988). Considerando-se que o carbono orgânico (CO) contribui em torno de 58% na composição do húmus, a MOS foi estimada pela expressão: $MOS = CO \times 1,724$.

Determinação dos fatores de Erodibilidade (K , K_i , K_r) e Tensão Cisalhante (τ_c)

Para estimativa da erodibilidade, foram utilizados modelos indiretos de predição, onde os mesmos estimam os valores dos fatores de erodibilidade por meio de equações que envolvem os valores dos atributos do solo analisados em laboratório. No presente trabalho foram estimados, por meio de equações, o fator erodibilidade do modelo USLE (Universal Soil Loss Equation), porém o utilizando o método para solos do Brasil (Denardin, 1990) e dos EUA e equações do modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project) para determinação dos fatores condicionantes da erosão as áreas em estudo.

Para o cálculo da erodibilidade global do solo (fator K , $t \text{ ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha h}$), utilizou-se da USLE modificada por Denardin (1990) para avaliação de K em solos brasileiros, conforme Equação 1:

$$K = 0,00000748 M + 0,00448059 p - 0,0631175 DMP + 0,01039567 X32 \quad (1)$$

M = novo silte (novo silte + nova areia);

p = permeabilidade codificada segundo Wischmeier et al. (1971);

DMP = [(0,002 x argila, %) + (0,026 x silte, %) + (0,075 x areia muito fina, %) + (0,175 areia fina, %) + (0,375 areia média, %) + (0,75 areia grossa, %) + (1,5 areia muito grossa, %)] / (argila, % + silte, % + areia, %);

X32 = nova areia (MOS/100);

Novo silte = silte + areia muito fina, %;

Nova areia = areia muito grossa + areia grossa + areia média + areia fina, %.

Para os cálculos da erodibilidade em entressulcos (fator K_p , kg s m^{-4}), em sulcos (fator K_s , s m^{-1}) e da tensão cisalhante (τ_c , N m^{-2}), foram utilizadas as equações com forme

as classe de textura e permeabilidade da Tabela 3.

Classe textural ¹	Classe de permeabilidade ²	Permeabilidade
Muito argiloso, Argilosa e Argilo-siltosa	6	Muito lento
Franco-argilo-siltosa e Argilo-arenoso	5	Lento
Franco-argilo-arenosa e Franco-argilosa	4	Lento e moderado
Franca, Franco-siltosa e Siltosa	3	Moderado
Areia-franca e Franco-arenosa	2	Moderado e rápido
Arenoso	1	Rápido

Tabela 3. Classe textural e classes de permeabilidade do solo.

Fonte: ¹United States Department of Agriculture (1983); ²Wischmeier et al. (1971).

Para o cálculo da erodibilidade em entressulcos do modelo WEPP (K_i , kg s m^{-4}) foram utilizadas as equações propostas por Flanagan e Livingston (1995) (Eq. 2 e 3):

$$K_i \text{ WEPP} = 2728000 + 192100 \text{ AMF}, \quad \text{areia} \geq 30\% \quad (2)$$

$$K_i \text{ WEPP} = 6054000 - 55130 \text{ ARG}, \quad \text{areia} < 30\% \quad (3)$$

em que:

AMF = percentual de areia muito fina, (%);

ARG = percentual de argila, (%).

Para calcular a erodibilidade em sulcos (K_r , s m^{-1}) e a tensão cisalhante (T_c , N m^{-2}) do modelo Wepp foram utilizadas as equações propostas por Flanagan & Livingston (1995) (Eq. 4, 5, 6 e 7):

$$K_r \text{ WEPP} = 0,00197 + 0,00030 \text{ AMF} + 0,03863 \text{ e}^{-1,84 \text{ MO}} \quad \text{areia} \geq 30\% \quad (4)$$

$$T_c \text{ WEPP} = 2,67 + 0,065 \text{ ARG} - 0,058 \text{ AMF} \quad \text{areia} \geq 30\% \quad (5)$$

$$K_r \text{ WEPP} = 0,0069 + 0,134 \text{ e}^{-0,20 \cdot \text{ARG}} \quad \text{areia} < 30\% \quad (6)$$

$$T_c \text{ WEPP} = 3,5 \quad \text{areia} < 30\% \quad (7)$$

Em que:

AMF = percentual de areia muito fina, %;

e = base dos logaritmos neperianos;

MO = percentual de matéria orgânica do solo, %;

ARG = percentual de argila, %.

Análises Estatísticas

Depois da determinação dos atributos físicos e carbono orgânico, foram realizadas análises estatísticas descritivas, onde foram calculados a média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação, de assimetria e curtose dos dados. O coeficiente de variação (CV%) foi avaliado conforme classificação proposta por Warrich & Nielsen (1980), que classifica variáveis como: $CV < 12\%$, $12 < CV < 60\%$, e $CV > 60\%$ para baixa, média e alta variabilidade, respectivamente. Ainda foi verificado a hipótese de normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov à 5%, no software MINITAB 17.0.

A análise de variância univariada (Anova) foi utilizada para comparar médias dos atributos individualmente pelo teste (Tukey $p < 0,05$), utilizando-se o software SPSS 25 (SPSS Inc., 2019). Em seguida, foi utilizada a análise de variância multivariada, através da análise fatorial de componente principal, a fim de verificar a significância estatística dos conjuntos dos atributos avaliados que mais discriminam os ambientes, tendo como referência as áreas sob ambientes naturais, objetivando ter como resposta os atributos que sofrem maior influência nas respectivas áreas estudadas, utilizando-se o software Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004).

RESULTADOS

Nas tabelas (4 e 5) apresenta-se os resultados dos valores da estatística descritiva dos atributos do solo: média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação (CV), assimetria, curtose e K-S (teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov), dos ambientes naturais e cultivados, na profundidade 0,00-0,20 m.

Quanto aos resultados dos dados de desvio padrão dos ambientes naturais e cultivados, observa-se maior variabilidade na variável areia ($97,203 \text{ g.kg}^{-1}$), na área de cerradão, e menor valor ($40,90 \text{ g.kg}^{-1}$) na área de teca. Na variável silte (Tabela 2), foi observado a maior variabilidade na área de FN2 ($103,3 \text{ g.kg}^{-1}$) e menor valor ($62,50 \text{ g.kg}^{-1}$) na área cerradão. Na argila, observa-se a maior variabilidade na área de FN1 ($124,50 \text{ g.kg}^{-1}$) e menor ($66,90 \text{ g.kg}^{-1}$) na área de cerrado. Já na MOS, a maior variabilidade foi registrada na área de pastagem ($29,30 \text{ g.kg}^{-1}$) e menor valor ($3,37 \text{ g.kg}^{-1}$) na área de teca.

Por sua vez, o fator erodibilidade em entressulcos, K_{rwepp} apresentaram variabilidade na área de pastagem (93,00) e menor valor (36,00) na área cerrado. Já o fator erodibilidade em sulcos K_{rwpp} em todas as áreas apresentaram média menor que zero. Quanto ao fator de tensão cisalhante τ_{cwepp} , apresentou-se uma semelhança com erodibilidade em sulcos K_{rwepp} com maior variabilidade de desvio padrão na área de pastagem (0,8) e menor, próximos de zero, na área FN1 e 2, cerrado respectivamente. Este comportamento pode ter influência do menor teor de areia e argila (BRITO, et al., 2020).

Quando analisados os resultados referentes aos dados de coeficiente a tabela (4 e 5) dos ambientes naturais e de cultivos, observa-se maior variabilidade da variável areia na área de FN1 (39,75%) e menor valor na área de teca (17,66%). No que concerne a variável silte, a maior variabilidade (45,60%) foi na área de jenipapo e o menor valor (18,26%) na área mista. Já com a variável argila observa-se maior variabilidade na área de FN1 (24,34%) e menor na área de cerrado (13,03%). Quanto à MOS, a maior viabilidade está na área de pastagem (62,25%) e a menor na área FN2 (6,92%).

Camada de 0,00 – 0,20 m							
Variável	Média	Mediana	D. Padrão	¹ CV%	Assimetria	Curtose	² K-S
Área de Floresta nativa 1							
Areia (g/kg)	152,40	158,00	60,60	39,75	-0,18	-0,83	0,09
Silte (g/kg)	335,80	309,60	149,30	44,46	0,62	-0,28	0,14
Argila (g/kg)	511,80	514,40	124,50	24,34	-0,27	-0,65	0,11
³ MOS (g/kg)	91,78	91,78	13,28	14,47	-0,55	0,59	0,08
⁴ K	0,05	0,05	0,01	15,55	0,16	-1,25	0,13
⁵ K _{rwep}	3,23E ⁺⁰⁶	3,22 ⁺⁰⁶	6,87 ⁺⁰⁵	21,24	0,27	-0,65	0,11
⁶ K _{rwep}	0,01	0,01	0,00	2,27	3,91	16,54	0,36
⁷ T _{c wepp}	3,50	3,50	0,00	0,00	*	*	*
Área de Floresta nativa 2							
Areia (g/kg)	189,36	186,50	51,09	26,98	-0,31	-0,40	0,11
Silte (g/kg)	273,90	270,40	103,30	37,71	2,71	11,74	0,20
Argila (g/kg)	536,70	527,10	100,70	18,75	-0,78	3,38	0,18
³ MOS (g/kg)	102,55	102,11	7,10	6,92	0,24	0,00	0,16
⁴ K	0,06	0,06	0,02	40,22	4,63	23,96	0,30
⁵ K _{rwep}	3,10E ⁺⁰⁶	3,15E ⁺⁰⁶	5,66E ⁺⁰⁵	18,26	0,68	2,87	0,17
⁶ K _{rwep}	0,01	0,01	0,00	6,57	2,72	17,32	0,45
⁷ T _{c wepp}	3,50	3,50	0,00	0,00	*	*	*
Área de Cerrado							
Areia (g/kg)	220,10	221,00	43,80	19,90	-0,18	-0,69	0,09
Silte (g/kg)	266,70	257,20	63,10	23,65	0,36	-1,07	0,17
Argila (g/kg)	513,20	487,10	66,90	13,03	0,38	-0,54	0,19
³ MO (g/kg)	59,56	57,77	8,01	13,45	0,70	-0,50	0,15
⁴ K	0,05	0,05	0,00	10,03	-0,21	-0,32	0,08
⁵ K _{rwep}	3,22E ⁺⁰⁶	3,37E ⁺⁰⁶	3,69E ⁺⁰⁵	11,43	-0,38	-0,54	0,19
⁶ K _{rwep}	0,01	0,01	0,00	4,10	5,47	29,91	0,50
⁷ T _{c wepp}	3,50	3,50	0,00	0,00	*	*	*
Área de Cerradão							
Areia (g/kg)	371,40	399,50	97,20	26,18	-2,61	6,62	0,28

Silte (g/kg)	141,40	143,90	62,50	44,17	1,97	7,39	0,19
Argila (g/kg)	480,30	487,10	97,20	20,23	1,22	3,65	0,21
³ MOS (g/kg)	64,32	64,49	7,29	11,33	-0,52	0,56	0,13
⁴ K	0,05	0,05	0,01	16,54	-0,31	1,25	0,11
⁵ K _{rwepp}	4,85E ⁺⁰⁶	5,12E ⁺⁰⁶	9,27E ⁺⁰⁵	19,10	-2,69	6,58	0,39
⁶ K _{rwepp}	0,01	0,01	0,00	7,87	1,08	0,56	0,15
⁷ T _{c wepp}	4,76	4,83	0,59	12,49	-1,02	0,52	0,21

Tabela 4. Estatística descritiva dos atributos da erodibilidade do solo na profundidade de 0,00 – 0,20m em áreas de ambiente naturais, na região Sul do Amazonas.

¹CV%: coeficiente de variação, %; ²K-S: teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov significativo à 5%); ³MOS: matéria orgânica; K: erodibilidade do solo, t.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹.ha.h; K_{rwepp}: erodibilidade em entressulcos, kg.s.m⁻⁴; K_{r wepp}: erodibilidade em sulcos, kg.N⁻¹.s⁻¹; T_{c wepp}: tensão cisalhante, N.m⁻².

Camada de 0,00 – 0,20 m							
Variável	Média	Mediana	D. Padrão	¹ CV%	Assimetria	Curtose	² K-S
Área de de Pastagem							
Areia (g/kg)	294,80	288,70	75,50	25,62	-0,61	0,29	0,10
Silte (g/kg)	243,80	231,70	85,80	35,19	1,21	1,73	0,15
Argila (g/kg)	461,40	467,10	87,90	19,06	-0,58	1,47	0,19
³ MOS (g/kg)	47,07	45,28	29,30	62,25	0,15	-0,72	0,10
⁴ K	0,05	0,05	0,01	28,79	0,20	-0,86	0,13
⁵ K _{rwepp}	4,17E ⁺⁰⁶	4,67E ⁺⁰⁶	9,32E ⁺⁰⁵	22,37	-0,21	-1,51	0,22
⁶ K _{rwepp}	0,01	0,01	0,01	71,10	5,29	28,63	0,44
⁷ T _{c wepp}	4,14	3,50	0,85	20,49	1,16	1,00	0,32
Área de Jenipapo							
Areia (g/kg)	256,80	251,30	56,00	21,81	0,00	2,68	0,15
Silte (g/kg)	208,90	198,70	95,30	45,60	2,25	9,32	0,18
Argila (g/kg)	534,30	534,50	78,50	14,69	-0,32	2,00	0,12
³ MOS (g/kg)	85,55	85,09	7,31	8,54	0,68	0,80	0,09
⁴ K	0,04	0,04	0,01	11,51	0,57	0,81	0,18
⁵ K _{rwepp}	3,22E ⁺⁰⁶	3,11E ⁺⁰⁶	6,85E ⁺⁰⁵	21,26	1,65	3,33	0,25
⁶ K _{rwepp}	0,01	0,01	0,00	4,78	-3,42	10,94	0,52
⁷ T _{c wepp}	3,58	3,50	0,32	8,89	3,86	13,95	0,54
Área de Teca							
Areia (g/kg)	231,60	242,50	40,90	17,66	-0,26	-0,61	0,12
Silte (g/kg)	382,40	360,50	81,90	21,41	1,23	0,72	0,25
Argila (g/kg)	401,70	394,80	66,30	16,52	-0,62	0,99	0,08
³ MOS (g/kg)	33,07	33,97	3,37	10,20	-0,23	-0,97	0,17
⁴ K	0,04	0,04	0,01	18,07	1,35	2,36	0,18
⁵ K _{rwepp}	3,99E ⁺⁰⁶	3,88E ⁺⁰⁶	4,73E ⁺⁰⁵	11,88	0,94	-0,26	0,19
⁶ K _{rwepp}	0,01	0,01	0,00	9,96	0,24	4,23	0,39

${}^7\tau_{c\ wepp}$	3,58	3,50	0,25	6,96	2,95	7,21	0,53
	Área de Mista						
Areia (g/kg)	188,76	189,00	41,56	22,02	-0,36	0,11	0,11
Silte (g/kg)	355,60	366,50	64,90	18,26	-0,40	-0,53	0,13
Argila (g/kg)	455,60	426,40	78,20	17,17	0,98	0,25	0,19
${}^3\text{MOS}$ (g/kg)	33,50	33,90	4,44	13,24	0,57	0,53	0,09
${}^4\text{K}$	0,04	0,05	0,01	11,50	-0,34	-0,77	0,14
${}^5\text{K}_{i\ wepp}$	3,54E ⁺⁰⁶	3,70E ⁺⁰⁶	4,31E ⁺⁰⁵	12,17	-0,98	0,25	0,19
${}^6\text{K}_{r\ wepp}$	0,01	0,01	0,00	0,45	1,54	2,30	0,18
${}^7\tau_{c\ wepp}$	3,50	3,50	0,00	0,00	*	*	*

Tabela 5. Estatística descritiva dos atributos da erodibilidade do solo na profundidade de 0,00 – 0,20m em áreas de ambientes antropizados, na região Sul do Amazonas.

¹CV%: coeficiente de variação, %; ²K-S: teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov significativo à 5%);

³MOS: matéria orgânica do solo; K: erodibilidade do solo, t.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹.ha.h; $\text{K}_{i\ wepp}$: erodibilidade em entressulcos, kg.s.m⁻⁴; $\text{K}_{r\ wepp}$: erodibilidade em sulcos, kg.N⁻¹.s⁻¹; $\tau_{c\ wepp}$: tensão cisalhante, N.m⁻².

Variáveis	FN1	FN2	Cerrado	Cerradão	Pastagem	Jenipapo	Teca	Mista
Areia	152,41e	189,36 de	220,09 cd	371,40 a	294,80 b	256,84 bc	231,60 cd	188,75 de
Silte	335,82 ab	273,91 bc	266, 68b c	141, 43 d	243, 84 c	208,88 cd	382,44 a	355, 64 a
Argila	511,75abc	536,72 ^a	513,22 abc	480,27 abc	461,35 bcd	534,27 ab	401,65 d	455,60 cd
MOS	91,78 b	102,54 a	59,55 c	64, 31 c	47,06 d	85,55 b	33,06 e	33, 49e
K	0,517 ab	0,597 a	0,463 bc	0,534 ab	0, 455 bc	0, 447bc	0,391c	0,443b c
$\text{K}_{i\ wepp}$	3,23E ⁺⁰⁶ b	3,10E ⁺⁰⁶ d	3,22E ⁺⁰⁶ d	4,85E ⁺⁰⁶ a	4,17E ⁺⁰⁶ b	3,22E ⁺⁰⁶ d	3,99E ⁺⁰⁶ bc	3,54E ⁺⁰⁶ cd
$\text{K}_{r\ wepp}$	0,070ab	0,069ab	0,070 ab	0, 059b	0, 074 ^a	0, 068ab	0,069 ab	0,069 ab
$\tau_{c\ wepp}$	3,50c	3,50c	3,50c	4,75 ^a	4,14b	3,58c	3,57c	3,50c

Tabela 6. Teste de Tukey a 5% de probabilidade para os atributos e fatores erodibilidade das áreas avaliadas na região sul do Amazonas.

Médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, são significativamente diferentes ao nível de(<5%) pelo teste de Tukey.

Quando analisados, os resultados de análise do fator de erodibilidade K da Tabelas (4 e 5) apresentam maior variabilidade de coeficiente de variação (CV) na área FN2, (40,22%) e menor valor (10,03%) na área de cerrado. O fator erodibilidade em entressulcos, $\text{K}_{i\ wepp}$ apresenta a maior variabilidade (22,37%) na área de pastagem e menor valor (11,43%) na área de cerrado. Já o fator de erodibilidade em sulcos $\text{K}_{r\ wepp}$ apresenta a maior variabilidade (71,10%) na área de pastagem e menor próximos de zero nas áreas restantes. Quanto ao fator de tensão cisalhante $\tau_{c\ wepp}$, apresenta maior variabilidade na área de pastagem (20,49%) e menor próximos de zero nas demais áreas. De acordo com o presente estudo, foi possível afirmar, com base nos valores de (CV%) encontrados, que os atributos apresentaram média variabilidade, com exceção da areia e silte em todas áreas, além do fator $\text{K}_{r\ wepp}$ de pastagem, fator $\tau_{c\ wepp}$ de cerradão e pastagem, os quais

apresentaram média variabilidade conforme os limites estabelecido (CASTRO, 2011).

Quando analisados, os resultados da análise dos valores de assimetria da Tabelas (4 e 5), na fração areia, apresentaram-se negativos em todas as áreas: jenipapo (0,00), FN1 e cerrado (-0,18), teca (-0,26), FN2 (-0,31), mista (-0,36) pastagem (-0,61) e cerradão (-2,61). O silte apresentou positivo nas áreas de pastagem (1,21), teca (1,23) cerradão (1,97), jenipapo (2,25) e FN2 (2,71) e negativo na área de cerrado (0,36), mista (-0,40) e FN1 (0,62). Para a argila, os valores foram positivos somente na área de cerradão (1,22) e negativo para as áreas de FN1 (-0,27), jenipapo (-0,32), cerrado (0,38), pastagem (-0,58), teca (-0,62) FN1 (-0,78) e mista (0,98).

Quando analisados, os resultados de análise da MOS da Tabelas (4 e 5), todas áreas apresentaram valores negativos. Já os fatores de erodibilidade K apresentaram valores positivos nas áreas de teca (1,35), e FN2 (4,63), negativos em FN1 (0,16), pastagem (0,20) cerrado (-0,21), cerradão (-0,31), mista (-0,34) e jenipapo (0,57). O fator erodibilidade em entressulcos K_{iwepp} apresentou valor positivo somente na área de jenipapo (1,65) e negativo nas demais áreas. O fator de erodibilidade em sulcos K_{rwepp} apresentou o valor positivo nas áreas de cerradão (1,08), mista (1,54), FN2 (2,72), FN1 (3,97), pastagem (5,29) e cerrado (5,47), e negativo para as áreas de teca (0,24) e jenipapo (-3,42).

Já o fator tensão cisalhante τ_{cwepp} apresentou valor positivo nas áreas pastagem (1,16), teca (2,95) e jenipapo (3,86), mas negativo em cerradão (-1,02) e FN1, FN2, cerrado e mista com valores significativos. Os resultados dos dados de curtose apresentaram valores positivos de areia nas áreas de cerradão (6,62), jenipapo (2,68), pastagem (0,29), mista (0,11) e negativo nas demais áreas. Para a fração silte, apresentaram-se valores positivos nas áreas FN2 (11,74), jenipapo (9,32), cerradão (7,39), pastagem (1,73) e negativo FN1(-0,28), cerrado (-1,07), teca (0,72) e mista (-0,53). Na fração de argila, os valores positivos ocorreram nas áreas de cerradão (3,65), FN2 (3,38), jenipapo (2,00), pastagem (1,47) e negativa nas áreas de FN1, (-0,65) cerrado (-0,54) teca (0,99) e mista (0,25). A MOS apresentou valores negativos nas áreas FN2 (0,00), cerrado (0,50), cerradão (-0,56), FN1(0,59) e pastagem (-0,72).

O fator de erodibilidade K apresentou valores positivos nas áreas de cerradão (1,25), teca (2,36), FN2 (23,96) e negativo nas áreas de reflorestamento misto (-0,17), cerrado (-0,32) jenipapo (0,81), pastagem (-0,86) e FN1(-1,25). O fator de erodibilidade em entressulcos, K_{iwepp} apresentou os valores positivos nas áreas FN2 (2,87), jenipapo (3,33), cerradão (6,54) e negativo em mista (0,25), teca (-0,26), cerrado (-0,54), FN1 (-0,65) e pastagem (-1,51). O fator K_{rwepp} apresentou os valores positivos nas áreas de mista (2,30), teca (4,23), jenipapo (10,94), FN1 (16,54), FN2 (17,32), pastagem (28,63), cerrado (29,97) e negativo somente em cerradão (0,56). Já o fator de tensão cisalhante τ_{cwepp} apresentou valores positivos nas áreas de pastagem (1,00), teca (7,21), jenipapo (13,95), e negativos em cerradão (0,52), sendo os da FN1, FN2, cerrado e mista significativos.

Quando analisados, os resultados de análise do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov da Tabelas (4 e 5) na fração de (areia, silte e argila), a MOS e os fatores K , $K_{i_{wepp}}$, $K_{r_{wepp}}$ apresentaram valores negativos. Já o fator de tensão cisalhante $\tau_{c_{wepp}}$ apresentou valores negativos nas áreas de cerradão (0,21), pastagem (0,54), teca (0,53), jenipapo (0,54) e positivo as áreas de FN1, FN2, cerrado, e reflorestamento misto. Os valores de silte variaram entre 141,40 a 382,40, iniciando na área cerradão > jenipapo > pastagem > cerrado > FN2 > FN1 > mista > teca. A argila variando entre 401,70 a 536,70 teca > mista > pastagem > cerradão > FN1 > cerrado > jenipapo > FN2. De acordo com Santos *et al.* (2018), quanto à classificação do tipo textural, todas as áreas mostraram ser do tipo argilosa, com pequenas variações nos teores de argilas entre as áreas.

Quanto à MOS, apresentaram valores de média variando entre (33,07 a 102,55) obedecendo a seguinte ordem de declínio: teca > mista > pastagem > cerrado > cerradão > jenipapo > FN1 > FN2. O fator K média variando entre (0,04 a 0,06 t.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹.ha.h), iniciando na área jenipapo > teca > mista > FN1 > cerrado > cerradão > pastagem > FN2. O fator $K_{i_{wepp}}$ média variando entre (3,10E⁺⁰⁶ a 4,85E⁺⁰⁶ kg.s.m⁻⁴), iniciando na área FN2 > cerrado > jenipapo > FN1 > mista > teca > pastagem > cerradão. O fator $K_{r_{wepp}}$ em todas as áreas avaliadas apresentaram valores constantes (0,01 kg.N⁻¹.s⁻¹). Já o fator $\tau_{c_{wepp}}$ apresentou média variando entre (3,50 a 4,76 N.m⁻²), iniciando na área FN1 > FN2 > cerrado > mista > jenipapo > teca > pastagem > cerradão.

Dentro da classificação proposta por Castro *et al.* (2011), para o fator K , as áreas de jenipapo, teca e reflorestamento misto foram enquadradas como áreas de alta erodibilidade. Já as florestas nativas 1 e 2, cerrado, cerradão e pastagem apresentam erodibilidade muito alta. Nesse caso, existe a preocupação com a conservação dos recursos naturais, e vem-se tornando cada vez mais importante devido à má ocupação do solo e do uso inadequado dos recursos ambientais. Segundo Souza (2018), por esta razão, justifica a manifestação de preocupação quanto à adoção de práticas mitigadoras da erosão conservacionistas.

DISCUSSÃO

O solo argiloso possui uma grande capacidade de retenção de água, apresenta um grande volume de porosidade, associada ao manejo adotado na área. Por outro lado, a cobertura vegetal é fundamental para garantir a estabilidade do solo. Assim, os solos antropizados apresentam variação na estrutura física do solo, associada ao manejo adotado (CUNHA, 2016). Portanto, a avaliação da textura solo é indispensável para a compreensão do comportamento e manejo do solo; a partir da mesma, podem ser tomadas decisões de práticas de manejo.

Quanto analisados, valores de MOS da Tabela 6 variam entre 33,06 a 102,54 g.kg⁻¹. As áreas do ambiente natural apresentaram maior teor comparado com as áreas de cultivo.

Este resultado é devido aos sistemas de manejos adotados nos cultivos agrícolas que têm grande influência sobre o estoque de MOS, podendo diminuir, manter ou aumentar em relação à vegetação nativa da área. A MOS desempenha papel fundamental na sustentabilidade dos sistemas agrícolas, influenciando atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com reflexo na estabilidade e produtividade dos agroecossistemas, além de contribuir na diminuição da erosão por escoamento superficial (COSTA et al., 2013). Contudo, a manutenção e melhoria da qualidade do solo no ambiente natural ou do sistema de cultivo é fundamental para garantir a qualidade e sustentabilidade ambiental.

O fato K (erodibilidade global do solo, $t.ha^{-1}.MJ^{-1}.mm^{-1}.ha.h$) das áreas avaliadas mostrou que FN1 e FN2, cerrado e pastagem apresentam alto nível de erodibilidade em relação às áreas de cerrado, jenipapo, teca e mista. Este comportamento pode ter relação com a textura e teor de matéria orgânica do solo que influenciam na estabilidade do agregado do solo, segundo o estudo de Souza (2018), que relata que o processo de agregação envolve um conjunto de elementos, entre eles, a matéria orgânica, que atua como agente cimentante unindo as partículas do solo. Nesse caso, quanto maior a estabilidade dos agregados pela matéria orgânica do solo, menor a ocorrência da erosão. Contudo, a área com alto nível de erodibilidade torna-se mais suscetível à ocorrência da erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017).

Já quando analisado o fator $K_{i_{wepp}}$ (erodibilidade em entressulcos, $kg.s.m^{-4}$), observa-se que as áreas naturais (FN1 e FN2 e cerrado) e de cultivos (Jenipapo, Teca e Mista) apresentam médias inferiores em relação às áreas de pastagem ($4,17E^{+06} kg.s.m^{-4}$) e de cerrado ($4,85E^{+06} kg.s.m^{-4}$). Estes valores foram semelhantes no estudo de Brito, et al. (2020). Isso mostra que pastagem e cerrado são mais suscetíveis à erosão entressulcos. Este comportamento pode ter a ver com a menor cobertura do solo proporcionada por esse tipo de vegetação.

De acordo Assis Filho (2017), a erosão entressulcos é fortemente influenciada pelas condições de superfície do solo, representadas pela ausência ou presença de cobertura vegetal, a rugosidade da superfície do solo e a declividade no terreno. A cobertura do solo tem efeito importante para minimizar a erosão entressulcos. Os resíduos vegetais na superfície do solo interceptam as gotas de chuva e dissipam a sua energia, evitando a desagregação das partículas (CASSOL et al., 2003). Além disso, há a redução na velocidade da enxurrada e, conseqüentemente, redução na sua capacidade de desagregação e transporte de partículas (VASCONCELOS et al., 2016; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017).

De acordo com estudos de Souza (2018), a erodibilidade em sulcos (K_{rwepp}) apresentou correlação negativa com os atributos do solo nas áreas naturais e positiva nas áreas cultivadas. Assim, a correlação positiva causa efeito direto, ou seja, a medida que há o aumento do atributo do solo analisado, ocorrerá incremento do atributo correlacionado positivamente. Já a correlação negativa indica efeito contrário dos atributos analisados, de

modo que o aumento desses irá proporcionar decréscimo nos outros atributos que tiveram correlação negativa.

Assim como o fator K e τ_{cwepp} , quanto menor for o valor da força de coesão crítica, maior serão as partículas, conseqüentemente, maior rolamento e/ou deslizamento de grãos resultando em aumento da erodibilidade da área (BRITO et al., 2020). Segundo Souza (2018), a topografia do terreno tem uma influência acentuada nas perdas por erosão, no destacamento de partículas em função do grau de declividade e do comprimento de rampa. A determinação de parâmetros de tensão crítica de cisalhamento e a erodibilidade dos solos de diferentes ambientes possibilitam a avaliação de sua resistência, que visam a combater a erosão e proteger o meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2009).

Na análise multivariada, observou-se os atributos da erodibilidade das áreas avaliadas que poderiam sofrer maiores alterações no Sul do Amazonas. A adequação da análise fatorial mostrou-se significativa com KMO igual a 0,56 e $p < 0,05$ para o teste esfericidade de Bartlett, o que sugere que os dados das figuras (3 e 4) são atributos avaliados adequados à análise fatorial. Na análise de componentes principais (ACP), o número de fatores a ser extraído foi estabelecida de forma a explicar estar acima de 70% a variância total dos dados figura (3), que apresentaram altos valores da matriz de covariância superior a 1 (um), com 50, 41% e 22,56% na CP2.

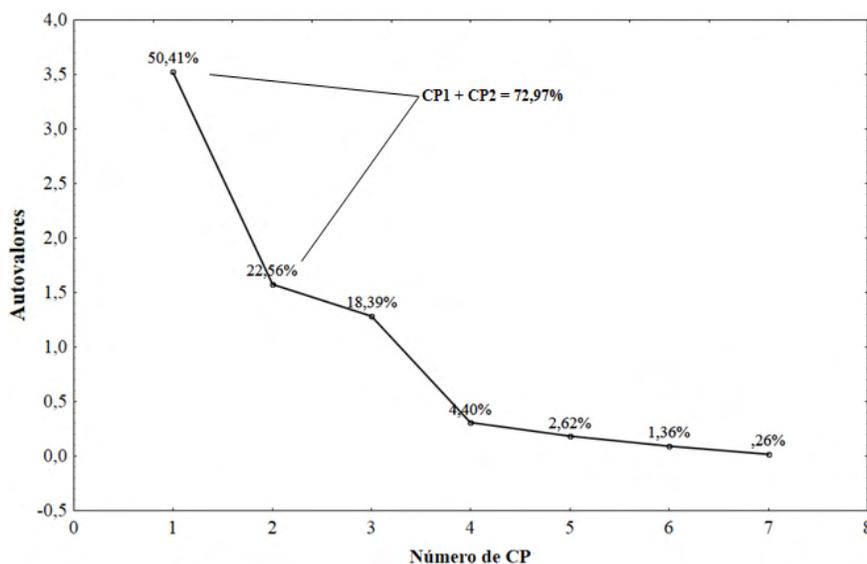


Figura 3. Correlação do valor entre cada componente e variáveis analisadas e fatores dos atributos do solo com os fatores (autovalores) dos componentes principais (CP1 e CP2) correspondentes as áreas com diferentes usos no sul do Amazonas-AM.

Tanto o primeiro quanto o segundo fator a figura (3) apresentaram percentual

satisfatório de explicação para os atributos da erodibilidade e granulometria do solo. Em relação aos manejos, as áreas de pastagem e cerradão apresentaram o maior teor de areia, causando as altas taxas de K , $K_{r\text{wepp}}$ e $\tau_{c\text{wepp}}$, as quais estão fortemente relacionadas entre si (Figura 4).

O mesmo resultado foi semelhante aos encontrados em ambiente natural e do cultivos no estudo de Brito et al. (2020). Em contraste, as áreas de teca, mista e cerrado mostraram comportamento contrário (quadrantes opostos), possuindo alto teores de silte, determinando alta taxa de $K_{r\text{wepp}}$. Já as áreas de FN1e FN2 e jenipapo apresentaram alto teor de matéria orgânica do solo (MOS), aliado ao maior teor de argila, causando, assim, baixas taxas de fator K. De acordo com Costa (2013), o alto teor de matéria orgânica no solo influencia na estrutura e estabilidade. Assim, justifica-se a importância de argila no solo como indispensáveis na agregação e estabilização dos agregados do solo, pois contribuirão para a maior resistência contra os processos erosivos (BRITO et al., 2020).

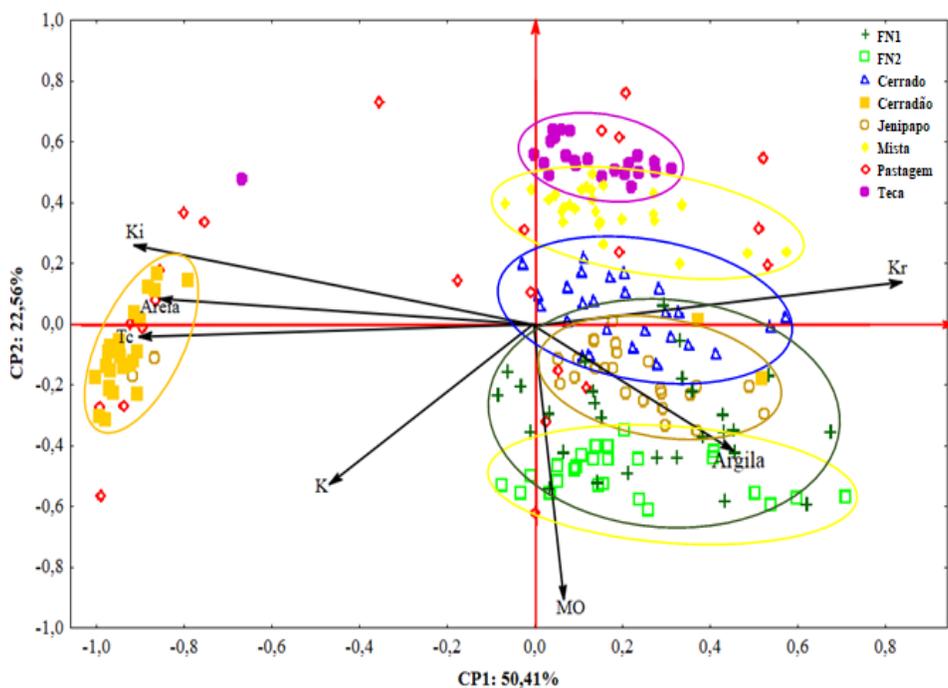


Figura 4. Análise de componentes principais dos atributos dos solos estudados na profundidade de 0,00 – 0,20m para as áreas FN1, FN2, cerrado, cerradão, pastagem, jenipapo, teca e mista, no sul do Amazonas-AM.

CONCLUSÕES

De uma forma geral, as áreas avaliadas mostram que FN1, FN2, cerradão e pastagem

apresentam alto nível de erodibilidade em relação as áreas de cerrado, jenipapo, teca e mista. A alto nível de erodibilidade é considerado o critério de maior susceptibilidade à erosão, isto é, solos que possuem grande erodibilidade apresentaram maior predominância da fração de areias, fator K_s , K_t , K_r e baixo teor de argila.

A mudança no uso e a ocupação do solo pelas diversas atividades antrópicas de forma não planejada podem alterar e degradar o meio ambiente, impactando a produtividade agrícola, degradando o solo e provocando instabilidade econômica sobre a sociedade, o que acelera ainda mais o processo erosivo.

Com base nos resultados, fica evidente que há necessidade de monitoramento e adoção de práticas conservacionistas do solo, a fim de minimizar a erodibilidade, contribuindo para o incremento da sustentabilidade e qualidade ambiental.

REFERÊNCIAS

ASSIS FILHO, F. M. **Erosão entressulcos em áreas de sistema de produção agrícola no semiárido de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) Universidade Federal Rural de Pernambuco. p. 38, 2017.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo. 10ª Ed. Ícone, 2017. 392p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto radambrasil**, folha SB. 20, Purus. Rio de Janeiro, 561p. 1978.

BRITO, W.B.M.; CAMPOS, M.C.C.; FILHO, E.G.D.; LIMA, A.F.L.; CUNHA, J.M.; SILVA, L.I.; SANTOS, L. A.C.; MANTOVANELLI, B.C. Dinâmica e aspectos espaciais da erodibilidade em Terras Pretas de Índio cultivadas e naturais na Amazônia, Brasil. **Revista catena**.v. 185. p.104-281, 2020.

CAMPOS, M. C. C. **Caracterização e gênese de solos em diferentes ambientes fisiográficos na região Sul do Amazonas**. Goiânia: Editora da PUC Goiás, 2012.

CASSOL, E. A.; LIMA, V. S. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 117-124, jan. 2003.

CASTRO, W.J.; LEMKE-DE-CASTRO, M.L.; LIMA, J.O.; OLIVEIRA, L.F.C.; RODRIGUES, C.; FIGUEIREDO, C.C. Erodibilidade de solos do cerrado goiano. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 4, n. 2, p. 305-320, 2011.

COSTA, E.M.; SILVA, H.F.; REBEIROS, P. R.D. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção produtividade dos sistemas agrícolas. **Revista Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer- Goiânia**. v.9,n.17;p. 1843, 2013.

CUNHA, J. M. Atributos do solo e emissão de CO₂ em Terra Preta Arqueológica preservada e sob cultivo em Novo Aripuanã, Amazonas, Brasil. Tese (**Doutorado**) Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, p, 98, 2016.

DENARDIN, J.E. **Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 81p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

DUARTE, M. L.:FILHO, E. P. S.:BRITO, W. B. M.: SILVA, T. A. Determinação da erodibilidade do solo por meio de dois métodos indiretos em uma bacia hidrográfica na região sul do estado do Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**.p.3241-341, 2020.

EDUARDO, E.N.: CARVALHO, D. F.: MACHADO, R. L.: SOARES, P. F. C. ALMEIDA, W. S. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. **Revista Brasileira Ciências do solo**. P. 796-803, 2013.

Flanagan DC, Livingston SJ (1995) Water erosion prediction project: WEEP user summary. West Lafayette: National Soil Research Laboratory & USDA – Agricultural Research Service, Report 11, p 25-26.

FROZZI, J.C.: CUNHA, J.M.: CAMPOS, M.C.C.: BERGAMIN, A.C.: BRITO, W.B.M. FRACISCOM, U.: SILVA, D.M.P.: LIMA, A.F.L.: FILHO,E.G.B.: Atributos físicos e carboninas orgânicas solo sob ambientes naturais e antropogênicos na região do Sul da Amazônia. **Ciências Ambientais da Terra**. p.1-15, 2020.

LOURENÇO, I. H.; BRITO, E. G. F.; CAMPOS, M. C. C.; CUNHA, J. M.; BRITO, W. B. M.; SOARES, M. D. R. Avaliação da erodibilidade do solo em áreas de terra preta arqueológica com pastagem e floresta nativa no sul do Amazonas. **Acta Iguazu, Cascavel**, v.9,n.1,p.90-98, 2020.

OLIVEIRA, J. F.; GRIEBELER, N. P.; CORRECHEL, V.; SILVA, V C. Erodibilidade e tensão crítica de cisalhamento em solos de estradas não pavimentadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.13, (Suplemento), p.955–960, 2009.

SANTIAGO, C. M. C.; SALES, M. C. L.; DA SILVA, E. V.; PAULA, J. E. A. Erodibilidade do solo e a relação com as formas de uso e ocupação na Bacia hidrográfica do Rio São Nicolau–Piauí. **Ambiente e educação**, v. 21, n. 2, p. 154-175, 2016.

SCHAEFER, C. E. G.R.; DE LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; DO VALE, J. F.; DE SOUZA, K. W.; CORRÊIA, G. R.;DE MENDONÇA, B. A.F.; AMARAL, E. F.; CAMPOS, M. C.C.; RUIVO, M. L. III - Solos da região amazônica. **Sociedade Brasileira de Ciências do solo**.p112-175, 2017.

SOUZA, F. G. Atributos do solo, estoque de carbono e erodibilidade em áreas sob diferentes usos no assentamento São Francisco, Canutama, Amazonas. **Tese de Doutorado em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas**. p. 175, 2018.

SPSS Inc. **Statistical Analysis Using SPSS 25**.Chicago. 2019.

STATSOFT Inc 7.0.**Statistica (data analysis software system)**.USA: 2004.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.;FONTANA,A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa Solos Edição3. Brasília, ed.rev. p.573, 2017.

VASCONCELOS, E. L. SILVA, T. T. S. GETÚLIO, E. P. D. SILVA, L. M. S. Áreas degradadas e contaminadas estimativa de perda de solo em áreas incendiadas: o caso da bacia hidrográfica do córrego taquari no distrito Federal. **Artigo científico de IX Fórum Latino-americano da Engenharia Sustentável**.Brasília. P. 262-269. 2016.

Walkley A, Black IA (1934) An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci* 37(1):29-38.

WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B. & CROSS, B.V.A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.26, n. 5, p.189-193, 1971.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M.A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Commun. Soil Sci. Plant. Anal.**, 19:1467-1476, 1988.

ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO SUL-SUDESTE DO AMAZONAS – ZEE, AM.
Zoneamento Ecológico Econômico do Sul-Sudeste do Amazonas. Manaus: IPAAM, 2008.

SOLO, ÁGUA, PLANTA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS:

Impactos e suas transformações
no Sul do Amazonas

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

SOLO, ÁGUA, PLANTA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS:

Impactos e suas transformações
no Sul do Amazonas

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br