

UNIVERSIDADE FEDEAL DO AMAZONAS-UFAM
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE-IEA
APROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS-PPGCA
MESTRADO ACADÊMICO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

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



ABDUL LUÍS HASSANE

HUMAITÁ – AM
2021

UNIVERSIDADE FEDEAL DO AMAZONAS-UFAM
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE-IEAA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS-PPGCA
MESTRADO ACADÊMICO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ABDUL LUÍS HASSANE

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

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais com área de Concentração em Ambiente e Socio-biodiversidade, na Linha de Pesquisa: Componentes e Dinâmicas dos Ecossistemas com ênfase no Bioma Amazônico.

Orientador: Prof. Dr. Milton César Costa Campos

Co-orientador: Prof. Dr. Luís Antônio Coutrim dos Santos

HUMAITÁ – AM
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

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

H353e Hassane, Abdul Luís
Erodibilidade do solo em áreas sob ambientes naturais e antropizados no contexto socioambiental sul do Amazonas / Abdul Luís Hassane . 2021
72 f.: 31 cm.

Orientador: Milton César Costa Campos
Coorientador: Luís Antônio Coutrim dos Santos
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Atributos do solo. 2. Manejo do solo. 3. Processos erosivos. 4. Solos amazônicos. I. Campos, Milton César Costa. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

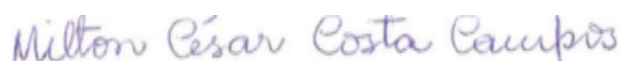
ERODIBILIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS NO CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL SUL DO AMAZONAS

ABDUL LUÍS HASSANE

Dissertação de Mestrado submetido à comissão examinadora pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) em 26/02/2021, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Resultado: **Aprovado**

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Milton César Costa Campos-Orientador
Presidente - Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira
1º-Membro Titular - Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Dr. Deviam Uchôa Cavalcanti da Costa
2º-Membro Titular - Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

**HUMAITÁ
2021**

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a DEUS, por me proporcionar saúde, sabedoria e discernimento.

Ao meus pais, LUÍS HASSANE e AMÉLIA JOAQUIM, que me amaram incondicionalmente e me ensinaram o amor ao próximo.

À minha esposa, LEONORA RAÚL, e meus filhos JÚNIOR e AKIL.

EPÍGRAFE

Solos fornecem serviços ambientais que possibilitam a vida na terra. Conservar o solo é proteger o nosso Planeta Terra.

(FAO)

AGRADECIMENTOS

Ao senhor Deus, por sempre guiar e abençoar meu caminho em toda minha vida.

Ao senhor Deus, por sempre guiar e abençoar meu caminho em toda minha vida e jornada acadêmica.

Ao Governo Brasileiro, através do Programa de Formação de Professores de Educação Superior de Países Africanos-PROAFRI e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo e à Universidade Zambeze, por me autorizar a continuação de estudo.

A Instituição de Ensino Superior Universidade Federal do Amazonas e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), por me dar a oportunidade de cursar o mestrado em uma área que sempre quis estudar e me qualificar.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Milton César Costa Campos, e Co-orientador, Prof. Dr. Luís Antônio Coutrim dos Santos, por todo o ensinamento e disponibilidade, o que moldou meu desenvolvimento como pesquisador, e por todas as parcerias ao longo da minha jornada acadêmica.

Aos Professores Dr. José Maurício da Cunha e Dr. Douglas Marcelo Pinheiro da Silva, pela força, incentivo e contribuições na elaboração dessa dissertação, meu muito obrigado.

Aos professores Dr. Flávio Pereira de Oliveira e Dr. Deviam Uchôa Cavalcanti da Costa, por terem aceitado participar deste trabalho como examinadores.

Aos meus colegas do PPGCA pelo companheirismo, sugestões, conversas e boas risadas que tivemos nas horas fáceis e difíceis ao longo destes dois anos de mestrado. Eu desejo muito sucesso para cada um.

Aos meus irmão Reinito, Samito, Minda e Djuma, pelo amor, compreensão, dedicação e incentivo durante toda jornada acadêmica.

À família Raul, por cuidar da minha esposa, filhos e meus pais.

Aos meus amigos, companheiros de laboratório, que integram o Grupo Solos e Ambientes Amazônicos: Alan Ferreira Leite de Lima, Wildson Benedito Mendes Brito, Elyenayra Nogueira Pinheiro, Juliana Malta de Assis, Elilson Gomes de Brito Filho e demais egressos e recém ingressantes ao grupo, pelas amizades, ajudas e contribuições para a realização deste trabalho e demais projetos acadêmicos.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I – IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA EROSÃO DOS SOLOS EM DIFERENTES ÁREAS DE MANEJOS NO SUL DO AMAZONAS

FIGURA 1. Mapa de localização da Amazonas Legal.....36

CAPITULO II. ERODIBILIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADAS NA REGIÃO SUL- AM

FIGURA 2. Localização das áreas de Estudo. Mapa do Estado do Amazonas, destacando as oito áreas de estudo no município de Humaitá-AM.....55

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-AM67

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.....68

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO

TABELA 1. Alguns trabalhos científicos da região da Amazonas utilizaram métodos indiretos no estudo da erodibilidade solo.....25

CAPITULO II. ERODIBILIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADAS NA REGIÃO SUL- AM

TABELA 2. Histórico de uso e manejo das áreas selecionadas para o estudo.....56

TABELA 3. Classe textural e classes de permeabilidade do solo.....58

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.....61

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.....62

TABELA 6. Teste de Tukey a 5% de probabilidade para os atributos e fatores erodibilidade das áreas avaliadas na região sul do Amazonas.....	63
--	----

HASSANE, A. L. **Erodibilidade do solo em áreas sob ambientes naturais e antropizados no contexto socioambiental sul do Amazonas**. Humaitá, 2021 72 f.:31 cm. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – Universidade Federal do Amazonas.

RESUMO GERAL

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 atributos 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_i 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.

HASSANE, A. L. **Soil erodibility in areas under natural and man-made environments in the southern socio-environmental context of the Amazon.** Humaitá, 2021 72 f.:31 cm. Dissertation (Master in Environmental Sciences) - Institute of Education, Agriculture and Environment - Federal University of Amazonas.

ABSTRACT

The Amazonian soils have been undergoing severe changes caused by anthropic activities, among which the transformation of forest areas into cultivation areas stands out, which can cause significant changes in the attributes of the soils in different environments, resulting in the intensification of the occurrence of the erodibility of the soil. For this reason, the work aimed to determine the soil erodibility, its indicators, and to evaluate the applicability of the soil loss prediction equations proposed by Denardin (1990) and Flanagan & Livingston (1995) under natural and anthropized environments, in the socio-environmental context, in the southern region of Amazonas. Areas of approximately one hectare were selected in each study environment, of these, containing native forest 1 (FN1), native forest 2 (FN2), Cerrado, Cerradão and anthropized pasture environments, teak species (*tectona grandis*), *Jenipapo* (*genipa americana*) and mixed: subcultures (*tectona grandis* and *genipa americana*). In each environment, areas of approximately 1 hectare. The soil samples were collected at random using a Dutch auger, at a depth of 0.00-0.20 m, with 32 sample points per area, totaling 256 samples in 8 areas. Laboratory analyzes were carried out to determine the granulometric analysis, fractions of sand and soil organic matter (MOS). Erodibility was estimated using indirect prediction methods and the data were subjected to descriptive, multivariate statistical analyzes, compared by the Tukey test (at 5%) of Pearson's correlation probability and, finally, a factor analysis of the main components (CP1 and CP2). The results showed that activities involving burning, deforestation, logging, mining and agriculture practices in Amazonian soils must be planned in advance and conservation practices must also be applied carefully, since the beginning of land use, in order to preserve and increase the soil productivity and guarantee its use by present and future generations. There is a need to carry out environmental diagnostics to identify, characterize and map the areas with the highest occurrence of erosion in southern Amazonas, in order to ensure the conservation of biodiversity, environmental quality of land use and the guarantee of sustainable, environmental and socioeconomic development of the regional population. The evaluated areas show that FN1, FN2, cerradão and pasture have a high level of erodibility in relation to the cerrado, genipap, teak and mixed areas. High level of erodibility is considered the criterion of greater susceptibility to erosion, that is, soils that have great erodibility presented a higher predominance of the fraction of sands, factor K, Ki Kr and low clay content. The change in the use and occupation of the soil, by several anthropic activities and in an unplanned way, can alter and degrade the environment, impacting agricultural productivity, degrading the soil and causing economic instability on society, which accelerates even more the erosive process. However, with analysis of the evaluated areas, there is a need to monitor and adopt soil conservation practices, in order to minimize erodibility, contributing to the increase of sustainability and environmental quality.

Keywords: Soil attribute. Soil management. Erosive process. Amazonian soils.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	X
1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa.....	16
2. OBJETIVOS	17
2.1. Objetivo geral	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1. Erosão do solo na região Amazônica	18
3.2. Erodibilidade do solo.....	21
3.3. Erodibilidade e a qualidade do solo.....	23
3.4. Uso de ferramentas na determinação indirecta da erodibilidade do solo	24
3.5. REFERÊNCIAS	27
CAPÍTULO I – IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA EROSÃO DOS SOLOS EM DIFERENTES ÁREAS DE MANEJOS NO SUL DO AMAZONAS.....	31
4. INTRODUÇÃO.....	33
4.1. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.2.1. Características gerais da Amazônia legal	36
4.2.2. Uso do solo em diferentes áreas de manejo na Amazônia	38
4.2.3. Influência dos atributos e erosão do solo	40
4.2.4. Impactos socioambientais da erosão do solo na Amazônia.....	43
4.3. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	45
4.4. REFERÊNCIAS	46
CAPÍTULO II – ERODIBILIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS NO SUL- AM.....	51
5. INTRODUÇÃO.....	52
5.1. MATERIAL E MÉTODOS.....	55
5.1.1. Localização e caracterização das áreas de estudo	55

5.1.2. Metodologia de campo	57
5.1.3. Análise em Laboratório	57
5.1.4. Determinação dos fatores de Erodibilidade (K, K _i , K _r) e Tensão Cisalhante (τ_c)	57
5.1.5. Análises Estatísticas	59
5.2. RESULTADOS	60
5.3. DISCUSSÃO	65
5.4. CONCLUSÕES	69
5.5. REFERÊNCIAS	70

1. 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 , K_i , K_r e τ_c , 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 (τ_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.

1.1. Justificativa

O solo é um recurso não renovável de alto valor social, econômico e ambiental. Assim, é responsável pela produtividade agropecuária, pela manutenção da qualidade do meio ambiente. A preservação deste recurso natural sob diferentes áreas de manejo serve de prioridade para conservação dos solos, da biodiversidade, e dos ecossistemas, garantido a qualidade e do meio ambiente (CAMPOS 2012; SOUZA et al., 2018).

As práticas de desmatamento e ocupação da Amazônia, utilizando principalmente tecnologias de cultivos não adaptadas à região, além da expansão da agropecuária, têm proporcionado sérias consequências, dentre elas, a erosão do solo tornado preocupante na região. O estudo de erodibilidade do solo é uma informação em que é possível inferir sobre a suscetibilidade da erosão, visando o planejamento de uso e ocupação do solo, tendo em vista a minimização dos danos causados pelas atividades antrópicas no meio ambiente, contribuindo para o incremento da sustentabilidade e o equilíbrio ambiental.

Por outro lado, o trabalho é útil na região no sul do Amazonas e é notório que a ocupação e substituição de áreas antes florestadas por agropecuária precisa preservar o seu solo para que possa tornar-se sustentável. Através do modelo da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) dos fatores (K , K_i , K_r e τC), considerando as análises dos atributos químico e físico dos solos, auxiliou-se o método e técnica de estatística descritiva, multivariada que corresponde à importação desta ferramenta para tal finalidade, pois esta é capaz de fazer diagnósticos, monitoramento e controle da degradação ambiental dos solos tropicais, visto que os modelos podem ser usados para estabelecer mais conhecimentos sobre os sistemas ambientais no ajuste de métodos para prever o manejo desse ecossistema. Assim, justifica-se a realização desta pesquisa no município de Humaitá, no Sul do Amazonas, que torna-se relevante, a fim de determinar os ambientes e áreas com maior/menor ocorrência e vulnerabilidade ou suscetibilidade à erosão.

O trabalho serve de alicerce para possível adoção, por meio de políticas/programas de medidas mitigadoras, e conscientizar os segmentos da agropecuária, gestores, órgãos

ambientais do governo, sociedade em geral, na tomada de decisão na elaboração de políticas públicas de orientação e preservação do recurso pedológico, assegurando, assim, a biodiversidade, sua existência e seus benefícios para as gerações presente e futura. A partir dos resultados da pesquisa, estes podem ser aplicados para melhoria das formas de manejos a fim de minimizar os impactos no solo e tornar tais atividades viáveis tanto do ponto de vista ambiental quanto socioeconômico.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

- Determinar a erodibilidade do solo sob ambientes naturais e antropizados no contexto socioambiental Sul do Amazônia.

2.1.1. Objetivos específicos

- Identificar os impactos socioambientais da erodibilidade sob ambientes naturais e antropizados na área do estudo;
- Estimar os fatores de erodibilidade (K , K_i , K_r e τ_c) de forma indireta, em áreas sob ambientes naturais e antropizados;
- Verificar, por meio da estatística descritiva e multivariada, as relações entre atributos do solo e erodibilidade em áreas sob ambientes naturais e antropizados no município de Humaitá, Sul do Amazonas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Erosão do solo na região Amazônica

A palavra erosão etimologicamente vem do latim *erodere*, que significa corroer ou corrosão (OLIVEIRA et al., 2018). Assim, o estudo da erosão e/ou erodibilidade do solo envolve profissionais de várias áreas do conhecimento como: Agronomia, Geologia, Geografia, Engenharia Civil e Ambiental (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014). Portanto, para o Podólogo e o Agrônomo, a erosão é considerada como destruição do solo, enquanto para o Geólogo e o Geógrafo o termo erosão é um conjunto de ações que modelam uma paisagem (LEPSCH, 2002; MENDES, 2014). Todavia, erosão consiste no processo físico de desagregação, transporte e deposição das partículas do solo (BRADY et al, 2013; OLIVEIRA et al., 2018).

Os processos erosivos caracterizados como um conjunto de fatores físicos, químicos, biológicos, sendo naturais ou antrópicos, se tornam responsáveis pelo modelo do relevo terrestre, sendo na maior parte, diretamente ligados ao clima (água, vento) e também podem ser acelerado pela ação humana (desmatamento, urbanização, queimadas, praticas agrícolas, exploração de minérios entre outros), pode gerar inúmeros problema sociais, econômicos e ambientais (GUERRA, 2014; DE SOUZA et al., 2017).

As taxas de erosão nos diferentes tipos de solos são muito variáveis, e estão sujeitas, entre outros fatores, à composição química, consistência dos solos, textura, comportamento da infiltração e no escoamento das águas superficiais e sub-superficiais, da espessura da camada de rocha e solo, da declividade, cobertura vegetal e do clima local (SOUZA et al., 2018). Deste modo, é importante destacar que existem duas classificações para os processos erosivos, sendo a primeira a geológica ou natural, na qual é mais lenta; a segunda é a erosão antrópica ou acelerada, que é rápida (SOUZA, et al., 2017). Nesse sentido, são fenômenos referentes às transformações dos solos que ocorrem em processos de desagregação e transporte de sedimentos das superfícies. Então, os processos erosivos ocorrem espontaneamente devido às mudanças naturais do planeta, mas, atualmente, estas incidências têm suas ações aceleradas por atividades antrópicas no meio ambiente (RANHE et al., 2012).

O Brasil sofre intensamente com problemas erosivos, visto que o clima típico é o tropical, com grande concentração de volume de chuvas durante alguns períodos do ano, favorecendo assim, os processos erosivos (BRITO, 2012; OLIVEIRA et al., 2018). O impacto das gotas de chuva sob a superfície do solo, o desprendimento das partículas e o consequente arraste de partículas do solo ocasionam a erosão. Atualmente erosão do solo tem sido reconhecido como um problema ambiental que está cada vez mais acelerado, devido à

ocupação do solo para práticas agropecuárias e florestais, com uso de manejo inadequado (VASCONCELOS et al., 2016).

Por sua vez, a erosão do solo é altamente destrutiva, desenvolvendo-se rapidamente, sendo, em algumas situações, sua intensidade superior à formação do solo, não permitindo, desta forma, sua recuperação natural. A terminologia para a classificação da erosão pode se dar de acordo com os tipos e fatores que a influenciam, como: erosão eólica (vento), hídrica (água), pluvial (chuva), fluvial (rio), lacustre ou límica (lago ou reservatório) e antropogênica (homem) (LEPSCH, 2002; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014; LIMA et al., 2016).

A erosão hídrica resultante do impacto das precipitações sobre as propriedades físicas do solo causa um impacto ao meio ambiente (FONSECA, 2014). De acordo com Lima (2010), a erosão hídrica acontece devido a desagregação das partículas do solo pela ação da precipitação e do escoamento, originando o transporte das partículas para jusante onde se depositam, podendo ser novamente destacadas. Os danos negativos deste processo estão associados às regiões de equilíbrio delicado, cujo solo é muito susceptível à erosão. A inexistência de cobertura vegetal, juntamente com as características das precipitações, são fatores que interferem neste processo com intensidade e frequência.

Segundo Magalhães (2001), erosão hídrica pode acontecer de forma laminar, em sulcos e voçoroca. Este tipo de processo erosivo geralmente não deixa traços visíveis e pode continuar a sua ação durante anos, só se deixando notar com o empobrecimento do solo ou com o assoreamento de áreas à jusante. Já voçoroca consiste no desenvolvimento de canais nos quais o fluxo superficial se concentra (LIMA, 2010). Segundo Magalhães (2001), forma-se devido à variação da resistência à erosão, que, em geral, é devida a pequenas mudanças na elevação ou declividade dos terrenos. Esse é o estágio mais avançado de erosão acelerada, correspondendo à passagem gradual do processo de ravinamento até atingir os lençóis freáticos, com o aparecimento de surgências de água (CARVALHO, et al. 2001).

No Brasil, a erosão hídrica é o que mais prejudica as áreas de cultivo, florestas e pastagens. O território brasileiro apresenta cerca de 20% dos solos agricultáveis do mundo, visto que o solo é um recurso útil, não renovável, de alta importância social, econômica e ambiental para a sociedade (TELLES et al., 2009). A Amazônia é uma região que está situada na parte norte da América do Sul com estimados 6 milhões de km² de extensão, com uma população de aproximadamente 23.596.953 habitantes e ocupando todos os Estados da

Região Norte, mais o estado de Mato Grosso, o Oeste do Maranhão e cinco municípios de Goiás (LEPSCH, 2002).

A Região Amazônica apresenta pequena densidade populacional e grande dificuldade de acesso, sendo sua maior parte territorial ocupada com a exuberante floresta equatorial cessível de explosão dos recursos naturais (LEPSCH, 2002). Algumas áreas da florestas são convertidas em pastagens, pelo elevado fluxo de imigrantes, que aceleram o processo de desmatamento, capaz de resultar na degradação do solo, provocando erosão em várias áreas de manejos no ambiente amazônico (CAMPOS et al., 2015; SOARES et al., 2018).

Os solos da região Amazônica são, em boa parte, quimicamente pobres. Apesar disso, suportam uma floresta bastante exuberante (SANTOS et al., 2015; FONSECA, 2017). O amplo volume de raízes das árvores faz com que os nutrientes liberados sejam praticamente todos integralmente reabsorvidos, e as mesmas continuam a se desenvolver devido a ciclagem de nutrientes (CAMPOS, 2012). A ocorrência do desmatamento para substituição de áreas antes florestais por áreas pecuárias, além de cessar a ciclagem de nutrientes, provocam também o manejo inadequado, que resultam, com o passar do tempo, em pastagens de baixa qualidade, o que vai levar a novos desmatamentos para compensar a degradação.

Contudo, na região da Amazônia, a erosão do solo está cada vez mais acelerada devido à transformação de áreas naturais em áreas agrícolas. Estas mudanças nas áreas de manejos geram uma série de impactos sociais, econômicos e ambientais (BARBOSA et al., 2000; CAMPOS et al., 2015), propiciando aumento da taxa de erosão e causando danos aos agrossistemas pela queda na produtividade (CAMPOS et al., 2015; SOUZA, 2018). Entretanto, algumas áreas desta região possuem uma conformação de paisagem com maior ou menor susceptibilidade erosiva.

Deste modo, essas susceptibilidades podem ser potencializadas pela maneira como o homem utiliza este terreno (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014). Neste sentido, a erosão hídrica, na região da Amazônia, é o que mais degrada o solo, trazendo prejuízos ambientais, assim, pondo em risco a rentabilidade das atividades agrícolas (EDUARDO et al., 2013; VASCONCELOS et al., 2016). Neste sentido, a erosão hídrica é um dos traços dos problemas de degradação do solo a nível mundial, sendo considerada um risco de preocupação significativa. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em 2015, cerca de 33% dos solos do mundo encontravam-se degradados (WILLER et al., 2018). A erosão hídrica é considerada como principal problema que causa a degradação do solo, provocando assim, grandes prejuízos no contexto social e econômico (OLIVEIRA, et al., 2018).

Deste modo, os principais problemas estão relacionados à erosão e salinização, compactação, acidificação e contaminação e isso, possivelmente, acarretará alguns prejuízos, tais como a perda de qualidade do solo, fertilidade e produtividade agropecuária, aumento no custo de produção, avanços das fronteiras agrícolas, desflorestamento, ineficiência na captação de carbono da atmosfera, aumento dos preços dos alimentos, assoreamento dos rios, intensificação de enchentes e, principalmente, o mais agravante, a escassez hídrica (SILVA et al., 2016; WILLER et al., 2018).

O planejamento racional para o uso sustentável de solo e a localização das áreas com problemas de erosão do solo são fundamentais para propor técnicas e práticas de controle da erosão do solo como forma de minimizar este fenômeno (WILLER et al., 2018). O entendimento dos impactos da erosão do solo pode permitir um melhor planejamento de políticas públicas a fim de monitorar as áreas mais suscetíveis à erosão, passando para todos os setores da sociedade direta ou indiretamente envolvidos, que resultarão em substanciais melhorias na preservação do solo e qualidade ambiente (SILVA et al., 2016).

Neste contexto, cada tipo de solo apresenta as características que determinam o processo de erosão devido à maior ou menor possibilidade de ocorrência de erosão. Deste modo, susceptibilidade à erosão tem a ver também com as características e propriedades físicas do solo tais como textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, densidade e matéria orgânica, e tais fatos são analisados como fatores que condicionam o processo erosivo.

3.2. Erodibilidade do solo

A erodibilidade do solo é a vulnerabilidade ou suscetibilidade à erosão (LOURENÇO et al., 2020). A erosão do solo é um dos problemas ambientais mais importantes em todo mundo, e preocupante também na região Amazônica, sendo entendido como um fenômeno complexo resultante da interação de inúmeros fatores, compreendidos em três fases: desagregação, transporte e deposição. Os fatores que condicionam a erosão compreendem: erosividade, erodibilidade, relevo, cobertura vegetal e atributos químicos, físicos e biológicos do solo (SILVA et al., 2016). A sua ocorrência tem relação direta com fatores naturais e atividades antrópicas. Assim, a quantidade de erosão de um local pode ser influenciada pelo declive, pelas características das chuvas, cobertura vegetal, forma de manejo, além dos atributos do solo. Quando o solo é submetido às atividades produtivas do espaço rural, as características expressam a sua resistência à erosão e representam a possibilidade de perda de solo por processos erosivos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

A erodibilidade do solo pode ser visualizada, dependente das forças atuantes dos agentes erosivos, do balanço de forças opostas e as resistências dos materiais (COUTO, 2015). Portanto, para o estudo de erodibilidade do solo, durante anos, os pesquisadores têm tentado relacionar a quantidade de erosão do solo medida no campo com as diversas características físicas do solo que podem ser determinadas no laboratório (SILVA et al., 2016).

Os atributos físicos e químicos do solo influenciam totalmente não só a maneira como os solos funcionam em um ecossistema, mas também a melhor forma de manejá-los (BRADY et al., 2013). Por isso, o sucesso ou o fracasso de projetos de atividades agroflorestais e de pastagens dependem, com frequência, das propriedades físicas do solo a serem utilizados (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014). Desta forma, os atributos físicos do solo, tais como estrutura, textura, permeabilidade, porosidade, densidade e matéria orgânica são primordiais para o estudo de erodibilidade do solo. A textura influencia a capacidade de infiltração e de absorção da água da chuva, interferindo no potencial de escoamento superficial transportado pela erosão, os solos arenosos possuem maior macroporosidade, por isso, a textura é um dos mais importantes fatores na determinação do uso do solo (OLIVEIRA et al., 2018).

A estrutura é um conjunto de agregados em seu estado natural, que mostra como as partículas do solo estão organizadas (BRADY et al., 2013). A estrutura exerce efeito no manejo do solo, permeabilidade da água, resistência à erosão e nas condições de desenvolvimento das raízes das plantas. Neste contexto, solos de textura arenosa apresentam maior suscetibilidade à erosão por apresentarem uma estrutura fraca e pouca formação de agregados, sendo normalmente muito soltos, o que favorece o trabalho das águas.

A permeabilidade é a capacidade que tem o solo de deixar mover água e ar através do seu perfil (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014). Ela determina a maior ou menor capacidade de infiltração das águas de chuva, estando diretamente relacionada com a porosidade do solo, tamanho, volume e distribuição dos poros, e varia nos diferentes horizontes do solo (OLIVEIRA et al., 2018). Desta forma, a permeabilidade é uma das mais importantes propriedades físicas para o estabelecimento das técnicas e práticas de conservação do solo.

Contudo, as propriedades físicas dos solos têm diversas funções na influência da origem da erosão, conforme sua resistência à ação das águas. Nesse caso, a natureza do solo é um fator que determina a sua erodibilidade (GUIMARÃES, 2008). A erodibilidade dos solos representa, de forma direta, a suscetibilidade natural do solo à erosão em distintas subáreas de manejos. Para estimar erodibilidade, usa-se K , K_i , K_r e τ_c , uma das variáveis da Equação

Universal de Perdas de Solo (USLE) que expressa, quantitativamente, a suscetibilidade do solo à erosão hídrica (WISCHMEIER et al., 1978).

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 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 do solo em ambiente e 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.

Estes modelos de equação são utilizados em vários estudos dos solos brasileiros e tem refletido a realidade, no caso da erodibilidade do solo (FREITAS, 2014; SOUZA 2018; LIMA, et al., 2020). Para o estudo, baseou-se em análise de laboratório dos atributos químicos e físicos dos solos como os principais parâmetros para avaliar um índice indicativo da sua susceptibilidade à erosão.

3.3. Erodibilidade e a qualidade do solo

A erodibilidade tem influência direta com a qualidade do solo, sendo que está relacionada com a perda de solo e com perdas de nutrientes. Em áreas agrícolas, a erosão é um processo impactante que altera os atributos do solo, sendo considerado a forma mais prejudicial de degradação (COGO, 2013). Portanto, é o principal fator causador da insustentabilidade nos sistemas de produção agrícola. A perda das qualidades químicas, físicas e biológicas do solo aumenta a degradação e é a principal determinante da insustentabilidade, principalmente nas áreas de manejos nas atividades agrícolas, florestais e de pastagens (OLIVEIRA et al., 2018).

As perdas de solo, água e nutrientes resultantes da erosão são os principais responsáveis pelo empobrecimento dos solos cultiváveis e declínio do progresso da produtividade, influenciando diretamente na qualidade do solo. Segundo Freitas (2014), a erosão hídrica pode ainda causar sérios danos ambientais, com assoreamento e poluição das fontes de água, além de outros impactos. Segundo o mesmo autor, a erodibilidade pode ser definida como a capacidade do solo em sofrer erosão a partir das forças que causam destacamento e transporte de suas partículas. Neste caso, é o fato que tem despertado maior interesse na pesquisa sobre erosão do solo propriamente dita, por estar, obviamente, relacionado ao solo e, portanto, variar significativamente de solo para solo (SOUZA, 2018). Para Barbosa (2014), a erodibilidade varia com a textura do solo, estabilidade dos agregados,

a capacidade de infiltração, a composição química e matéria orgânica do solo além de fatores relacionados à resistência dos constituintes do destacamento.

Pontanto, refere-se à sua predisposição à erosão. A quantificação das perdas de solo por erosão hídrica tem como objetivo principal auxiliar na definição das técnicas de manejos e práticas conservacionistas adequadas para cada região, minimizando, desta forma, os prejuízos ambientais e econômicos e aumento da qualidade do solo. Um dos atributos que está intimamente relacionado com a erodibilidade é a textura do solo, a resistência do solo à desagregação afetada pela sua distribuição granulométrica. Solos de textura mais arenosa são geralmente mais fáceis de desagregar, mas seus grandes sedimentos são difíceis de serem transportados.

Os indicadores de qualidade do solo permitem avaliar o monitoramento de áreas que sofreram algum tipo de interferência antrópica (LOURENÇO et al., 2020). A qualidade do solo tem merecido atenção na medida em que tal avaliação pode fornecer subsídios para o estabelecimento de sistemas racionais de manejo e contribuir para a manutenção da produção sustentável (BRADY et al., 2013). A qualidade química, física e biológica do solo tem como função avaliar, melhorar e auxiliar no planejamento de uso do solo (SOUZA, 2018). Por isso, é necessário avaliar as qualidades dos solos e ajudar com estratégias de preservação do solo em diferentes áreas de manejos. Assim, o conhecimento das qualidades do solo facilita na avaliação do nível de erodibilidade e a suscetibilidade do solo ao processo erosivo.

O estudo da erodibilidade e a qualidade do solo tem influenciado a ocorrência da erosão e pode contribuir para a definição de melhores estratégias para o manejo sustentável e conservacionista do solo. Neste caso, estimar a erodibilidade e a qualidade do solo deve ser de determinação fácil, rápida e de baixo custo, em laboratório, e retratar ao máximo as condições dos campos. Apesar de as informações obtidas em laboratório representarem situações sob condições controladas, as mesmas devem ser semelhantes às obtidas em campo.

3.4. Uso de ferramentas na determinação indirecta da erodibilidade do solo

A aplicação de novas técnicas que auxiliam na identificação de áreas com diferentes potências naturais e antropizados promove maior eficiência de manejo do solo e qualidade ambiental. Com a crescente preocupação sobre as questões ambientais relacionadas à gestão ambiental do solo, novas pesquisas vêm sendo desenvolvidas para minimizar os impactos ambientais tanto nas áreas naturais como nas de cultivos.

Há um grande número de pesquisa e de estudos de técnicas alternativas utilizando modelos de quantificação indireta para fins de determinação de taxas de erosão (FREITAS, 2014). Dentre os métodos utilizados nestes estudos, no modelo de Equação Universal de Perda do Solo (USLE); Para o fator K, a equação proposta por Denardin (1990) e o modelo Wepp; para o fator Ki, foram utilizadas as equações propostas por Flanagan e Livingston. A maioria dos métodos e equações utilizaram os modelos de predição da erosão hídrica do solo. A equação foi utilizada em diversos estudos ambientais do solo em diferentes trabalhos científicos na região da Amazonas para estimar e determinação indireta da erodibilidade solo (Tabela 1).

Tabela 1. Alguns trabalhos científicos da região da Amazonas utilizaram métodos indiretos no estudo da erodibilidade solo.

Métodos	Estudos	Autores
Indirecta da erodibilidade do solo	Atributos do solo estoque de carbono e erodibilidade em áreas sob diferentes usos no assentamento são Francisco	Souza (2018)
	Dinâmica e aspectos espaciais da erodibilidade em Terras Pretas de Índio cultivadas e naturais na Amazônia, Brasil	Brito et al 2020
	Estimativa da erodibilidade da erodibilidade do solo em áreas sob conversão de floresta em ambientes cultivadas na região sul do Amazonas.	Lima et al. 2020
	Avaliação da erodibilidade do solo em áreas de terra preta arqueológica com pastagem e floresta nativa no sul do Amazonas	Lourenço et al. (2020)

De acordo com os trabalhos apresentados na Tabela 1, foi utilizando o modelo de Equação Universal de Perda do Solo (USLE), fator K, de forma indireta, conforme proposto por Denardin (1990), em que se estima a erodibilidade através de equações que envolvem os valores dos atributos do solo analisados em laboratório. A Equação Universal de Perdas de Solo (USLE ou EUPS) é um importante instrumento na predição das perdas de solo e no planejamento do controle da erosão hídrica.

A EUPS foi desenvolvidas nos Estados Unidos, por Wischmeier e Smith (1978), e é composta pelos seguintes fatores: (fator A - expresso $Mg\ ha^{-1}\ ano$); erosividade de chuva (fator R – expresso em $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$); erodibilidade do solo (fator K – expresso em $ha\ Mg\ h\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$); fator topográfico (fator LS – adimensional), que considera a declividade (D – expresso em %) e o comprimento de rampa do solo (L – expresso em m); índice de cobertura vegetal (fator C – adimensional); e práticas conservacionistas (fator P-

dimensional), sendo que, em muitos casos, o fator C pode ser determinado em associação com o fator P (CP).

Na EUPS, a erodibilidade consiste no fator responsável pela suscetibilidade do solo à erosão hídrica, sendo condicionada, basicamente, por atributos mineralógicos, químicos, morfológicas, físicos e biológicos do solo (WISCHMEIER; 1969). O modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project) é um dos mais relevantes (FLANAGAN; NEARINNG, 1995). Este modelo considera a erosão em entressulcos e em sulcos separadamente. No WEPP, o fator K_i expressa a erodibilidade dos entressulcos e o fator K_r representa a erodibilidade do solo em sulcos. Esses fatores representam, respectivamente, a suscetibilidade do solo à desagregação pelo impacto das gotas de chuva e pelo escoamento superficial concentrado (ALBERTS et al., 1995). Na falta de dados locais obtidos experimentalmente, o modelo WEPP utiliza equações da rotina interna para estimar o fator de erodibilidade do solo em entressulcos (K_i), os quais necessitam apenas dos teores de areia e argila (NUNES, 2006).

Em vários trabalhos utilizando o métodos indireto, apresentaram-se resultados de correlação positiva com atributos físicos e químicos para estimar a perda de solo por erosão (FREITAS, 2014). O método pode auxiliar na aquisição mais rápida de informações sobre os diferentes potenciais de erosão ao longo da paisagem. As vantagens de utilização de métodos indiretos para quantificar a erosão são a rapidez na determinação da erodibilidade dos solos em comparação com métodos indiretos e convencionais e a possibilidade de sua estimativa por meio de parâmetros obtidos por análise em laboratórios de fácil execução.

3.5. REFERÊNCIAS

- ALBERTS, E. E.; NEARING, M. A.; WELTZ, M. A.; RISSE, L. M.; PIERSON, F. B.; ZHANG, J. M. LAFLEN, J. M.; SIMANTON, J.R. Soil component. In: FLANAGAN, D.C.; NEARING, M. A., eds. **Water Erosion Prediction Project - WEPP**. West Lafayette, USDA, (Report, 10). p.1-47. 1995.
- BARBOSA, R. I.; FEARNSTIDE, P. M. Erosão do solo na Amazônia: estudo de caso na região do Apiaú, Roraima, **Brasil.RevistaSciELO Acta Amaz.** [online]. vol.30, n.4, pp.601-601. 2000.
- BERTONI, J.; LOMBARDI N, F. **Conservação dos solos**. São Paulo: Ícone, 355 p., 2014.
- BRADY, N.C.; WEOL, R. R. **Elemento da natureza e propriedade dos solo**. Ciências do solo. 3ª Edição tradução técnica porto alegre Bookman.p. 186. 2013.
- BRITO, A. O. Estudo da erosão no ambiente urbano, visando Planejamento e controle ambiental no Distrito Federal. (**Dissertação de Mestrado em Engenharia Floresta**). Publicação PPG. EFL. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, p.78. 2012.
- CAJAIBA, R.L. Diagnóstico dos impactos ambientais causados por ações antrópicas em cavernas no município de Uruará-PA. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**. v. 6, n.3, p.490-507, 2014.
- CAMPOS, M. C. C. **Caracterização e gênese de solos em diferentes ambientes fisiográficos na região Sul do Amazonas**. Goiânia: Editora da PUC Goiás, p.109. 2012.
- CAMPOS, M. C.C.; BERGAMIN, A.C.; CUNHA, J.M.; OLIVEIRA, I.A. **Caracterização dos atributos dos solo em ambiente natural e transformado na região sul do Amazonas**. Goiânia, 218. 09-13. 2015.
- CARVALHO, J. C.; LIMA. M. C.; MORTARI, D. **Considerações Sobre Prevenção e Controle de Voçorocas**. VII Simpósio Nacio-nal de Controle de Erosão. Goiânia- GO, 03 a 06 de maio de 2001.
- COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.743-753, 2003.
- COUTO, B. O C. Análise de erodibilidade em taludes com horizontes resistentes e suscetíveis aos processos erosivos. Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. (**Dissertação de Mestrado**) - Núcleo de Geotecnia (NUGEO). 2015.
- DE SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G. Avaliação da geração de sedimentos ao longo da bacia hidrográfica do ribeirão do carmo. potencial natural de erosão, feições morfológicas e cicatrizes de movimentos de massa. **Revista Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 36, n. 2, p. 285 – 299, 2017.

DEMARCHI, J. C.; ZIMBACK, C.R.L. Mapeamento, Erodibilidade e Tolerância de Perda de solo na Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas. **Revista de Energia na Agricultura**. Botucatu, vol. 29, n.2, p. 102-114, 2014.

DENARDIN, J. E. **Erodibilidade do solo estimado por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 114 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

EDUARDO, Eliete, Nazares. Determinação Erodibilidade e do Fator Cobertura e Manejo do solo Sob Condições de Chuva Natural e Simulado. **Dissertação de pós-graduação em agronomia ciências solo**.Univrrsidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Agronomia. 2012.

FLANAGAN, D. C.; LIVINGSTON, S. J. **USDA - Water erosion prediction project: WEEP** user summary. West Lafayette: National Soil Research Laboratory & USDA - Agricultural Research Service, 1995. p. 25-26. (Report, 11).

FLANAGAN, D. C.; NEARING, M. A., eds. **Water Erosion Prediction Project - WEPP**. West Lafayette, USDA, 1995. p.1-47. (Report, 10). McBRATNEY, A. G.; MENDONÇA SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v.117, n.1-2, p.3–52, 2003.

FONSECA, J. S. Caracterização e classificação de solos em uma litossequência arenito-naisseem Manicoré-AM. **Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais**. Universidade Federal do Amazonas. p. 89. 2017.

FONSECA, Jéssica. **Erosão hídrica**. Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva, p.1-7, 2014.

FREITAS, D.L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar ciências- Marília/SP**, V. 26, (1-2), pp. 08-25, 2017.

FREITAS, Ludmila de. **Qualidade e erodibilidade de latossolos sob mata e cultivo de cana-de-açúcar**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, p 110, 2014.

GUERRA, A. J. T. A erosão dos solos no contexto social. **Revista Researchgate**. Universidade Federal Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil. p 11, 2014.

GUIMARÃES, C. N. Mapeamento geotécnico da bacia do córrego da Barra, aplicação de penetrômetro de impacto em estudos de processos erosivos São Pedro. 2008. 104f. **(Dissertação de Mestrado em Geotecnia)**. apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – USP. São Carlos, 2008.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo oficina de texto p.177. 2002.

LIMA, A. F. L.; CAMPOS, M. C. C.; MARTINS, T. S.;BRITO, W. B. M.; SOUZA, F. G.; CUNHA, J. M.; SIMOES, W. SILVA; OLIVEIRA, F. P. Estimativa da erodibilidade do solo em áreas sob conversão de floresta em ambientes cultivados na região sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.13, n.07, p 3336-3350, 2020.

LIMA, C. G. D. R. ; CARVALHO, M. D. P; SOUZA, A.; COSTA, N. R 3; MONTANARI, R. Influência de atributos químicos na erodibilidade etolerância de perda de solo na bacia hidrográfica do baixo são josé dos dourados. **Revista científica de geociências**, v. 35, n. 1, p.63-76, 2016.

LIMA, Herlander. M. **Introdução à Modelação Ambiental: Erosão Hídrica**. Fun-chal (Portugal), 2010.

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.

MAGALHÃES, Ricardo Aguiar. **Erosão: Definições, Tipos e Formas de Controle**. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia- GO, 03 a 06 de maio de 2001.

MARQUES, R. O.; REGINALDO, S. L. F. Degradação do solo por meio da erosão: principais agentes condicionantes e impactos socioambientais causados por voçorocas no lago do zé açu, parintins-AM. **Revista Norte/RIAA**.p.23 2017.

NUNES, M. C. M. **Estimativa da erodibilidade em entressulcos de Latossolos do Rio Grande do Sul**. 2006. 175 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

OLIVEIRA, F. F.; DOS SANTOS, R. E. S.; DE ARAUJO, R. D. Processos erosivos: dinâmica, agentes causadores e fatores condicionantes. **Revista Brasileira de Iniciação Científica Iniciação**.v. 5, n.3, p. 60-83, 2018.

RANHE, F. D. S.; ANA. D. O.; DENISE, P. L. Os processos erosivos ocorrentes no entorno urbano do município de juína – mt: um agente natural ou antrópico. **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.1, N.4, p.916 – 928, 2012.

SANTOS, C.F.; SIQUEIRA, E.S.; ARAÚJO, I.T.; MAIA, Z.M.G. A agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar. **Revista ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. XVII, n. 2, p. 33-52, 2015.

SANTOS, D. B. O.; BLANCO, C. J. C.; PESSOA, F. C. L. RUSLE para Determinação da Tolerância de Perda de Solo. **Revista Biota Amazônia**. Macapá, v. 5, n. 4, p. 78-83, 2015.

SILVA, D. B. ALVES, N.M. Avaliação da erodibilidade de Argissolos no município de Cristinápolis, Sergipe. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 73-82, 27 out. 2016.

SILVA, D.D.E.; FELIZMINO, F.T.A.; OLIVEIRA, M.G.; Avaliação da degradação ambiental a partir da prática da cultura do feijão no município de TAVARES-PB. **Revista Científica HOLOS**, Ano 31, v.8, 2015.

SOARES, D. L.; POLIVANOV, H.; BARROSO, E. V; DA MOTTA, L. M. G.;DE SOUZA, C. C. Erodibilidade de Solos em Taludes de Corte de Estrada Não Pavimentada. **Revista Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. Vol. 41 - 1 / p 179-193. 2018

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

TELLES, T. S.; GUIMARÃES M. F. **Custos da erosão do solo. Revista Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. Porto Alegre. v. 3, n. 4, p1-15. 2009.

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 IXV Forum Latino-americano da Engenharia Sustentável**. Brasília. p 262-269. 2016.

WILLER, F. O.; MARCOS, E. L. Perda de solo por erosão hídrica em bacia hidrográfica: o caso da área de drenagem da barragem do rio juramento, no norte do estado de minas gerais. **Revista Caminhos de Geografia Uberlândia** MG v.19, n. 67.p. 16 -37. 2018.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning**. Washington: U.S. Department of Agriculture, (Agriculture Handbook n. 537), 58p. 1978.

WISCHMEIER, W. H.; MANNERING, J. V. Relation of soil properties to its erodibility. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 33, n. 1, p. 131-137, 1969

CAPÍTULO I – IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA EROSÃO DOS SOLOS EM DIFERENTES ÁREAS DE MANEJOS NO SUL DO AMAZONAS

RESUMO

A exploração agropecuária representa um dos maiores problemas ambientais. Dessa forma, entender o comportamento do processo erosivo é crucial para o diagnóstico de melhores práticas conservacionistas de uso e manejo do solo, contribuindo para o incremento da sustentabilidade e o equilíbrio ambiental. Para isso, foram feitas buscas em artigos científicos publicados em revistas e periódicos, trabalhos apresentados em eventos, teses, dissertações, *websites* de revistas, bibliotecas digitais de Universidades Federais e livros, com o intuito de apresentar uma abordagem socioambiental dos impactos da erosão do solo em diferentes áreas de manejos no sul do Amazonas. A pesquisa mostrou que as ações das queimada, desmatamento, exploração de madeira, mineração e agropecuária nos solos amazônicos devem ser antecipadamente planejadas, o uso e ocupação do solo, bem como as práticas de conservação também devem ser aplicadas cuidadosamente, desde o início do uso do solo, a fim de preservar e aumentar a produtividade do solo e garantir sua utilização pelas gerações presentes e futuras. Recomendamos algumas medidas que visem o controle da erosão, tais como, florestamento e reflorestamento usando os sistemas agroflorestais, as práticas cordão de vegetação permanente, cobertura morta, rotação de culturas, controle de queimadas, calagem, adubação: química, orgânica, verde, aumento da produção vegetal e adequação da cultura de acordo com as características do solo de cada ambiente, considerando os aspectos socioeconômicos de cada região. Portanto, há a necessidade da realização de diagnósticos ambientais para identificar, caracterizar e mapear as áreas de maior ocorrência de erosão no Sul do Amazonas. São necessários a elaboração de zoneamento e a formulação de políticas públicas, visando assegurar a conservação da biodiversidade, qualidade ambiental do uso do solo e a garantia do desenvolvimento sustentável, ambiental e socioeconômico da população regional. Os estudos complementares são necessários para obtenção de dados mais detalhados sobre os problemas relacionados com o tema, a fim de comprovar os possíveis impactos socioambientais que advém do uso do solo no sul do Amazonas e servir de base para o planejamento racional.

Palavras-chave: Manejo do solo. Solo ambiente. Processo erosivo. Solos amazônicos.

CHAPTER I - SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACTS OF SOIL EROSION IN DIFFERENT MANAGEMENT AREAS IN SOUTH AMAZONAS

ABSTRACT

Agricultural exploitation represents one of the biggest environmental problems. Thus, understanding the behavior of the erosion process is crucial for the diagnosis of best conservation practices in land use and management, contributing to the increase of sustainability and environmental balance. For this, searches were made in scientific articles published in magazines and periodicals, papers presented at events, theses, dissertations, magazine websites, digital libraries of Federal Universities and books, with the aim of presenting a socio-environmental approach to the impacts of soil erosion in different management areas in southern Amazonas. Research has shown that the actions of burning, deforestation, logging, mining and agriculture on Amazonian soils must be planned in advance, land use and occupation, as well as conservation practices must also be applied carefully, from the beginning of use of the soil, in order to preserve and increase the productivity of the soil and to guarantee its use by present and future generations. We recommend some measures aimed at controlling erosion, such as afforestation and reforestation using agroforestry systems, the permanent cordons of vegetation, mulch, crop rotation, burning control, liming, fertilization: chemical, organic, green, increase plant production and crop adaptation according to the soil characteristics of each environment, considering the socioeconomic aspects of each region. Therefore, there is a need to carry out environmental diagnostics to identify, characterize and map the areas with the highest occurrence of erosion in the South of Amazonas. The preparation of zoning and the formulation of public policies are necessary, in order to ensure the conservation of biodiversity, environmental quality of land use and the guarantee of sustainable, environmental and socioeconomic development of the regional population. Complementary studies are necessary to obtain more detailed data on the problems related to the theme, in order to prove the possible socio-environmental impacts that arise from land use in southern Amazonas and serve as a basis for rational planning.

Keywords: Soil management. Soil environment. Erosive process. Amazonian soils.

4. INTRODUÇÃO

A Amazônia tem sido foco da atenção em nível regional, nacional e internacional por possuir a maior reserva de água potável, subsolo muito rico em minérios e maior biodiversidade tropical com espécies exóticas do planeta. O uso sustentável dos recursos naturais, especialmente do solo, tem-se constituído tema de crescente relevância, em razão do aumento das atividades antrópicas. Consequentemente, cresce a preocupação com o uso sustentável e a qualidade desse recursos (NASCIMENTO, 2016).

Na condição de natureza, ressaltam-se o valor de contribuição da maior floresta tropical do planeta, como um acervo de biodiversidade e de prestação de serviços ambientais para a preservação das condições climáticas globais (PAS, 2008). Indispensavelmente, a conversão de florestas em áreas agrícolas, de mineração, e as queimadas causam sucessivas alterações no seu equilíbrio natural existente, modificando atributos físicos, químicos e biológicos dos solos. De acordo com Sales (2019), acelerando cada vez mais a destruição de recursos naturais que exercem impactos negativos na qualidade de vida, nas atividades socioeconômicas e na biodiversidade.

A recuperação funcional e estrutural das matas enriquece o solo, aumentando a biodiversidade e reduzindo a erosão do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014). No sul do Amazonas, os impactos ambientais são causados pelos desmatamentos, queimadas, conversões de áreas florestais em pastagens, em áreas agrícolas e de minerações, pela contaminação, instabilidade no solo e erosão, além do comprometimento do bem-estar e da saúde da população em decorrência das degradações ambientais e o desequilíbrio em ecossistemas existentes (NASCIMENTO, 2016).

A questão do manejo do solo em diversas áreas no Amazonas tem sido colocada em evidência ao longo dos anos pelos danos causados ao meio ambiente, quando realizado de maneira agressiva sobre os recursos naturais (SANTOS et al., 2014). Considerando as grandes áreas de explorações florestais e de cultivos em expansão, crescem as preocupações com as questões ambientais referentes aos impactos que podem ser ocasionados pela ação antrópica sem nenhum critério técnico de manejo, contribuindo com o empobrecimento, a degradação e a erosão dos solos (SILVA et al., 2015; CAJAIBA, 2014).

A Amazônia brasileira (Amazônia Legal) se estende do extremo oeste do Estado do Amazonas até o extremo leste do Estado do Maranhão, e do extremo norte do Estado de Roraima ao sul do estado do Mato Grosso, na região central no Brasil. Entretanto, ela não está mais intacta (PONTES et al., 2016). Aliadas a fatores sociais e macroeconômicos, as obras de infraestrutura são uma das principais causas de desflorestamentos (SALES, 2019). As áreas

de maior concentração de desflorestamento na Amazônia brasileira formam um arco que se estende em porções dos Estados do Maranhão, Pará, Tocantins, Rondônia, Mato Grosso, Amazonas e Acre, denominado pelo arco de desflorestamento (BECKER, 2010).

O desflorestamento causa a degradação da estrutura física do solo, podendo acelerar a erosão e, conseqüentemente, levando à destruição da camada superficial do solo, a perda da cobertura do solo, como também a água, juntamente com os materiais orgânicos e minerais, acarretando a erosão do solo e poluição ambiental (OLIVEIRA et al., 2016). Neste caso, atividades antrópicas podem contribuir para a degradação ambiental, uma vez que alteram os atributos físicos e os materiais orgânicos do solo, tornando-o mais suscetível à erosão, sendo alterações causadores de prejuízos socioeconômicos (SALES, 2019).

Becker (2010) e Homma (2014) defendem o uso sustentável do solo como fundamental para desenvolver a atividade agropecuária, mas respeitando o meio ambiente e garantindo a qualidade de vida para população amazônica regional. Por outro lado, encontra-se a oferta reduzida de tecnologia agrícola e ambiental, associada ao baixo nível de renda per capita populacional, motivo pelo qual o efeito das atividades estão altamente sujeitas à depredação dos recursos naturais nessa região.

De acordo com Nunes et al. (2012), devido ao seu vasto território amazônico, é crucial o desenvolvimento de pesquisas sobre os impactos da erosão dos solos, com a finalidade da disseminação dos dados para torná-los conhecidos sobre a região com caráter menos genéricos e mais detalhados. O presente artigo tem como objetivo apresentar discussões sobre os impactos socioambientais causados pela erosão dos solos em diferentes áreas de manejo no sul do Amazonas.

4.1. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho consistiu de uma revisão bibliográfica em que foram incluídos artigos científicos publicados em revistas e periódicos, trabalhos apresentados em eventos, teses, dissertações, *websites* das revistas, bibliotecas digitais de Universidades Federais, livros, materiais e acessórios buscados na internet publicados desde 1978. Fonseca (2002) e Bizzerril *et al.* (2004) afirmam que o levantamento de dados de referência teórica publicados através de livros e artigos científicos em páginas de *websites* são uma fonte de conhecimento que permite fazer análise, síntese e sumarização das informações cientificamente aceitas na comunidade científica. Segundo Silveira e Córdova (2009), a pesquisa bibliográfica possibilita uma aproximação entre a teoria e a realidade, fornecendo-nos subsídios para uma intervenção prática.

A busca incluiu pesquisas em bases manuais e eletrônicas nos seguintes *sites*: Portal de Periódicos da Capes, Google Acadêmico, *Scopus*, *Web of Science*, *Scientific Electronic Library Online* - Scielo, Elsevier, *Science Direct*, *Biological Abstracts*, Biblioteca Digital Unicamp: Sistema NouRau, Biblioteca Digital da USP, Jstor, *Springer* e Bases de Dados da Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Para a busca dos artigos e documentos eletrônicos, foi empregada a combinação das seguintes palavras-chave: características gerais da Amazônia Legal, uso do solo em diferentes áreas de manejo na Amazônia, influência da erosão nos atributos físicos e matéria orgânica do solo e impactos socioambientais da erosão do solo na Amazônia.

4.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.2.1. Características gerais da Amazônia legal

O início da ocupação da Amazônia é datado de meados do século XVI (1559), quando europeus holandeses, ingleses e franceses navegavam pelos rios da Amazônia e procuravam fixar núcleos de povoamento e colonização (Teixeira et al., 1998; MENEZES, 2008). Instituída em 1959, pela Lei n.º 1.806, de 06/01/1953, com o intuito de melhor planejar o desenvolvimento social e econômico da região, a Amazônia Legal, também conhecida como Amazônia brasileira, possui área total de 5 milhões de km² e ocupa 59% do território brasileiro (IPEA, 2008), abrangendo 772 municípios de nove estados: Amapá, Acre, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Roraima, Rondônia, Tocantins e parte do estado do Maranhão (IBGE, 2015).



Figura 1. Mapa de localização da Amazonas Legal (IBGE, 2015).

A Floresta Amazônica é caracterizada por uma enorme diversidade de ambientes, com mais de 600 tipos diferentes de habitats terrestres e rios de água doce (MMA/SBF, 2013) que abrigam vidas selvagens diversificadas. É apontada como a área de maior biodiversidade do mundo, o maior banco genético e a maior bacia hidrográfica do planeta, correspondente a 5% da superfície terrestre, além de 1/5 da reserva de água potável mundial (IBGE, 2010). A umidade relativa do ar é superior a 80% durante a maior parte do ano. O clima não é

uniforme, pois há regiões onde se constata a estação seca bem definida, com baixa umidade relativa do ar (típica do cerrado), e outras bem úmidas, onde praticamente inexiste a estação seca (MEIRELL-FILHO, 2004).

A amplitude térmica sazonal é da ordem de $1-2^{\circ}\text{C}$, sendo que, em valores médios, especificamente, Belém-PA apresenta a temperatura média mensal máxima de $26,5^{\circ}\text{C}$ em novembro e a temperatura mínima com média de $25,40^{\circ}\text{C}$, em março (FISCH, 1996). Manaus (AM), por outro lado, possui seus extremos de temperatura nos meses de setembro ($27,9^{\circ}\text{C}$) e abril ($25,8^{\circ}\text{C}$). De acordo com Salati e Marques (1984), a Amazônia Legal apresenta as médias mensais de 48 estações meteorológicas espalhadas pela Amazônia.

As fitofisionomias da Amazônia são bastante diversificadas, variando desde as savanas até aos cerrados, com predomínio das florestas nas suas mais variadas fitofisionomias e intimamente associadas ao clima e solo (VALE JUNIOR et al., 2011). A Amazônia é ocupada por uma diversidade de grupos étnicos populacionalmente tradicionais constituídos a partir de vários processos de colonização e miscigenação pelos quais passou a região. De acordo com Lira e Chaves (2016), pode-se afirmar que o homem amazônico é hoje resultado de misturas, com povos e etnias, ou seja, é resultado de um grande processo de colonização ocorrido na Amazônia.

Historicamente, a Amazônia Legal é a região mais carente do país em termos de infraestrutura, tratando-se de bens de consumo interno ou de exportação (OLIVEIRA et al., 2006). As condições das estradas são precárias e, embora haja longos trechos de rios com o potencial para a navegação, apenas a hidrovia formada pelos Rios Madeira e Amazonas possibilitam condições de navegação (O Estado de S. Paulo, 2013). Na Floresta da Amazônia, os solos são praticamente pobres, devido a sua própria ciclagem ser interna, visto que, no passado, Sombroek (1966) concluiu que a sua exuberância de vegetação não se dá por parte de solos ricos em nutrientes, mas pela sua própria ciclagem interna.

Tanto que alguns estudos comparam os solos da Amazônia com solos de regiões de desertos e savanas, em circunstâncias da conversão das florestas em áreas de pastagens e agrícola, tornando-se desastres ambientais decorrentes das deficiências estruturais e sustentáveis propriamente ditas (BROADBENT et al., 2008; ANDON et al., 2014). A região sul do Amazonas, ou médio Madeira, ocupa 12% da área total do Estado do Amazonas, aproximadamente $1.777.526,80\text{ Km}^2$, abrangendo os municípios de Humaitá, Manicoré, Apuí e Nova Aripuanã (CAMPOS, 2009).

O clima, segundo classificação de Köppen, é tropical chuvoso com temperaturas médias anuais que variam entre 25°C e 27°C e a umidade relativa entre 85 e 90% (NUNES et

al., 2012). Diferentemente do restante do estado, a região sul do Amazonas apresenta rodovias federais como a BR-230 e BR-319, que constituem a principal forma de locomoção (CENAMO et al., 2011). Com o desflorestamento, a cobertura vegetal tende a diminuir, deixando os solos vulneráveis, fenômeno este considerado bastante complexo, uma vez que a cobertura é importante na manutenção dos recursos naturais renováveis, que exercem funções essenciais nos solos, tais como: a manutenção do ciclo da água, proteção contra impacto direto das gotas de chuvas, o aumento da porosidade, a permeabilidade, a manutenção da umidade e a fertilidade (BERTON; LOMBARDI NETO, 2014).

A perda da cobertura vegetal, acelera a ocorrência da erosão do solo, podendo ser um problema sério em terras florestadas, porque as taxas de perda do solo podem ser bastante elevadas (LEPSCH, 2002). De acordo com Brady et al. (2013), a vegetação cumpre uma importante função na conservação do solo, prevenindo os processos erosivos, fazendo com que a remoção de solo seja lenta, o que é compensado pelos processos de formação do solo. Portanto, a acessibilidade aos imigrantes de outros estados provoca uma pressão sobre a floresta capaz de resultar na degradação do solo devido a processos erosivos (NUNES et al., 2012). Desta maneira, na medida em que o uso e a ocupação das áreas ocorrem sem a preocupação com um manejo adequado do solo destas áreas naturais, verifica-se a degradação dos recursos naturais (CAMPOS et al., 2015).

4.2.2. Uso do solo em diferentes áreas de manejo na Amazônia

Nas áreas de pastagens, há a utilização do fogo como limpeza, controle de pragas e invasores (plantas etc.), obtendo melhores resultados em comparação com as demais áreas. No entanto, com o passar dos anos, estes níveis diminuem devido à lixiviação dos nutrientes (STEFANOSKI, et al., 2013). Assim, as condições químicas originais do solo após as queimadas das pastagens degradam os níveis de acidez de bases trocáveis na superfície, absorção dos nutrientes pelas raízes, perda por lixiviação da camada mais externa do solo ocasionada pela ação de água da chuva e remoção por parte das cinzas depositadas pela ação do vento (DURÃES et al., 2016).

As áreas de pastagens têm dependência direta das condições do clima que tem influência no manejo do solo, porém, outros fatores muitas vezes exercem acentuada influência, tais como fogo, pragas, doenças e, sem dúvida, as atividades antrópicas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017). O pastoreio excessivo faz aparecer áreas descobertas de vegetação, acelerando a erosão laminar. A superfície do solo é arrastada pela erosão, convertendo-se em áreas progressivamente menos férteis e, por isso, poucos dão conta

da extensão com que o recurso de pastagem tem sido exaurido, e principalmente, como a sua capacidade de pastoreio tem sido diminuída (VASCONCELOS et al., 2016).

O conhecimento de certos princípios e métodos são importantes no manejo e o próprio desenvolvimento das pastagens como forma de minimizar a erosão (FERREIRA et al., 2010). A cobertura vegetal do solo garante o aumento da produtividade, qualidade física, química e biológica do solo. Para Taboarda et al. (2002), o uso intensivo dos solos nas atividades agropecuárias pode alterar a qualidade física dos solos, devido o sistema de manejo adotado estar intimamente relacionado com as características de cada região climática, relevo, tipo do solo, uso e manejo deste mesmo recurso natural.

Segundo Daniel (2000), as diversidades biológicas e de cultivos, no mesmo espaço/tempo, é uma das vantagens dos sistemas agroflorestais, além de diferentes épocas de cultivo, ajudam na conservação do solo e proporcionam benefícios econômicos. Já a floresta é um recurso natural renovável, pois conserva-se e sustenta-se por si mesma no ecossistema, na biodiversidade, na proteção dos solos do processo erosivo, manutenção das chuvas, regulação do clima local, regional e do planeta (SANTOS et al., 2015).

A maioria dos solos brasileiros apresentam algum estágio de degradação, necessitando de intervenções e práticas conservacionistas para minimizar danos ambientais sem causar prejuízos financeiros (DURÃES et al., 2016). A degradação de pastagem no processo evolutivo de estágio avançado poderá ser abundante sobre os recursos naturais, o uso excessivo de pastagens e com utilização de sistema inapropriado de manejo do solo (MACEDO, 2005).

A diminuição da cobertura vegetal através da expansão das áreas de pastagens é geradora de problemas ambientais e socioeconômicos na Amazônia. A utilização de sistemas agroflorestais no uso de manejo do solo combinam com espécies arbóreas (frutíferas e/ou madeiras), com cultivos agrícolas e/ou pastagem, de forma simultânea ou sequência temporal e promovem benefícios sócio-econômicos e ecológicos para a comunidade rural da região (MENEZES, 2008).

As práticas de sistemas agroflorestais em diferentes áreas de manejos têm propósitos de buscar soluções tecnológicas sustentáveis e maximizar os impactos negativos no uso dos solos em diferentes ambientes. Por outro lado, favorecem as práticas de florestamento e reflorestamento, cordão de vegetação permanente, cobertura morta, rotação de culturas, controle de queimadas, calagem, adubação: química, orgânica, verde, aumento da produção vegetal e adequação da cultura ao tipo de solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2017).

A cobertura vegetativa é necessária para proteger o solo da erosão e pode ser vista como um teste ecológico do sucesso do processo de recuperação. As atividades de queimada, desmatamento, exploração de madeira, mineração e agropecuária nos solos amazônicos devem ser bem planejadas para garantir a sustentabilidade e o equilíbrio ambiental. De acordo com Fearnside (2006), é insuportável pela natureza as práticas de uso de solos por implementação de desmatamento em grandes escalas de áreas abrangentes e significativas, tornando perdidas a preservação das florestas em longo prazo.

Entretanto, ressalta-se que há a necessidade de estudos de impactos ambientais no uso de solos em diferentes áreas de manejos, com o intuito de levantar dados das áreas de maior ocorrência, a fim de traçar estratégias para minimizar os danos ao meio ambiente. Por isso, é primordial uma fiscalização comprometida com a sociedade e que tenha por objetivo cuidar da Amazônia para as futuras gerações (CAMPOS et al., 2015).

4.2.3. Influência dos atributos e erosão do solo

Os atributos físicos e matéria orgânica do solo são alterados em função da submissão ao manejo (SOARES et al., 2016). O conhecimento dos atributos é essencial para melhorar a qualidade dos solos, impactando na minimização da vulnerabilidade dos solos (SILVA et al., 2016). A erosão do solo é originada, principalmente, pela desagregação e transporte. Para prever sua magnitude, a fim de auxiliar no planejamento, a aplicação das técnicas de conservação reduz essas perdas ao máximo, amenizando os danos ambientais/econômicos e melhorando a qualidade ambiental do solo (AMORIM et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2018).

Os solos das regiões tropicais normalmente apresentam baixa fertilidade natural devido à ação de intemperismo e ao material de origem (LEPSCH, 2002). Apesar disso, nas áreas de florestas, há uma tendência da ocorrência do aumento da deposição de material orgânico, contribuindo na ciclagem de nutriente e manutenção da qualidade do solo (SALES, 2019). Os solos amazônicos possuem uma restrita camada de matéria orgânica que se encontra na superfície. Essa fina camada fértil é resultante da própria floresta e, nela, os organismos vivos (insetos, fungos, algas e bactérias) reciclam os nutrientes dispostos no ambiente (BRITO et al., 2020).

A excessiva retirada da cobertura vegetal extingue quase por completo a diversidade vegetal, reduzindo e alterando o habitat da fauna amazônica, deixando o ambiente desprotegido, permitindo que o solo seja afetado pelos agentes erosivos (ventos e chuvas) e aumentando o albedo da área e a temperatura do solo, o que proporciona a oxidação da sua matéria orgânica e a estabilidade do solo (SALES, 2019). O solo, como recurso para

produção agrícola e pecuária, pressupõe, no mínimo, uma visão global de suas características, princípios limitações, susceptibilidade à erosão e áreas de ocorrências.

O uso intensivo do solo, sem nenhum tipo de planejamento e monitoramento, provoca diminuição da sua fertilidade, além da sua estrutura e textura, acelerando o processo erosivo (CORRÊA et al., 2017). Com a aplicabilidade do conhecimento e atributos do solo como papel essencial no seu uso e manejo reduz-se sua perda e o declínio de propriedades (físicas e químicas) e matéria orgânica, conseqüentemente, acarretando o enriquecimento, o aumento da produtividade e a diminuição da degradação do solo (DE LIMA et al., 2013).

A textura do solo corresponde à porcentagem de areia, de silte e de argila (partículas do solo). Atributos físicos do solo que menos sofrem alteração ao longo do tempo podem acelerar devido o tipo de uso e manejo. De acordo com Menezes et al. (2017), a porosidade do solo é responsável por um conjunto de fenômenos que desenvolvem uma série de atividades físicas do solo, particularmente na retenção e fluxo de água, garantindo sua estrutura e estabilidade. Portanto, o estudo de atributos físicos do solo pode ser definido, qualitativamente e quantitativamente, como sua medição, predição e controle, cujo objetivo principal é o de compreender os mecanismos de funcionalidades de solos e sua função na biosfera (CORRÊA et al., 2017). Por isso, entender o comportamento físico dos solos e o seu relacionamento entre o uso e manejo é importante para adoção de práticas de conservação do solo (DE LIMA et al., 2013).

O entendimento dos danos provocados pelos diferentes sistemas de manejo são essenciais para melhorar a qualidade física do solo, pois a conversão de florestas em áreas agrícolas ou em áreas de pastagem vem provocando sérios problemas devido aos manejos impróprios adotados (SOARES et al., 2016). Portanto, vários atributos físicos do solo podem atuar como parâmetro para avaliar a qualidade física do solo. De acordo com Stefanoski et al. (2013), devido a sua complexidade, deve ser feito em função de conjunto de indicadores específicos dos atributos do solo e as suas inter-relações, visto que verificar indicadores isolados não é suficiente para compreender a perda ou ganho potencial dos cultivos de determinado solo. Nesse caso, o acompanhamento das alterações nos atributos físicos dos solos fornece informações úteis sobre a qualidade do solo, assim como para a adoção de práticas de conservação do solo (ZANON, 2013).

A matéria orgânica do solo (MOS) diz respeito a todos os compostos contendo carbono orgânico (CO) no solo, incluindo os microrganismos vivos e mortos, resíduos de plantas e animais, produtos de sua decomposição e as substâncias microbiologicamente e/ou quimicamente alteradas (DA SILVA, 2010). Portanto, CO no solo é um indicador essencial

para fertilidade de um solo agrícola. De acordo com Oliveira et al. (2016), o teor da MOS desempenha papel fundamental na sustentabilidade dos agroecossistemas.

A ciclagem da MOS é controlada por taxas (de posição, decomposição e renovação) dos resíduos que ocorrem de forma dinâmica. e essa adoção do sistema de cultivo (agroflorestais) tem grande influência sobre os seus estoques, podendo diminuir, manter ou aumentar a vegetação nativa (DA COSTO et al., 2013). O decréscimo de matéria orgânica devido às práticas agrícolas têm várias implicações nos processos mecânicos dos solos. Dessa forma, a manutenção do teor adequado de matéria orgânica ao longo do tempo resulta em formação de agregados estáveis e a diminuição e consistência do solo, aumentando o índice de agregação e diminuindo a resistência à penetração (CELIK et al., 2010). Também a aplicação de material orgânico se reflete no aumento da fertilidade e diminuição da erodibilidade do solo, prevenindo a perda de solo (OLIVEIRA et al., 2016)

A matéria orgânica atua sobre o comportamento físico do solo, quer seja diretamente ou indiretamente. Os efeitos diretos devem-se principalmente a MOS, que influencia nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, dentre as quais destacam a elevada área superficial e a grande quantidade de cargas superficiais (BRAIDA, et al., 2013). Indiretamente, MOS tem influência no comportamento físico do solo na agregação, consistência do solo e na distribuição do tamanho de poros, como também na sua estabilidade (KHORRAMDEL et al., 2013). Entretanto, a deposição da matéria orgânica nos solos amazônicos varia de acordo com o tipo de vegetação, onde contêm espécies latifoliadas, semi-caducifólias ou caducifólias, sendo influenciadas também pelo ponto de vista geográfico: localização, relevo e clima (BRITO, et al., 2020).

A deposição da serapilheira aumenta na floresta até a idade em que as árvores atingem a maturidade, quando há o fechamento das copas. Após esta fase, pode haver um ligeiro decréscimo ou a estabilização (MENEZES, 2008). Segundo Abadias, (2018), na Amazônia as perdas dos solos são variadas devido as práticas inadequadas como: desmatamento, excesso de pastoreio, exploração de mineração, queimadas, causando a perda e o desaparecimento da cobertura vegetal, dando lugar a uma oxidação da MOS como consequência, impacto direto da gota de chuva, acelerando o processo erosivo.

A avaliação dos atributos físicos e matéria orgânica do solo em diferentes áreas de manejos é importante na sensibilidade, visualização e aplicabilidade, fornecendo subsídios para o estabelecimento de sistemas racionais de manejos, contribuindo assim para a preservação dos ecossistemas e da biodiversidade.

4.2.4. Impactos socioambientais da erosão do solo na Amazônia

Os impactos ambientais consideram toda e qualquer alteração da qualidade ambiental que comprometa o equilíbrio de sistemas naturais ou antropizados e que são decorrentes da ação humana. De acordo com Campos et al. (2017), a ação antrópica no desenvolvimento dos impactos ambientais pode ser exemplificada pela supressão de elementos do meio ambiente (destruição de habitats, a perda da vegetação nativa, paisagens notáveis, espaços tradicionais entre outros danos) que afeta direta e/ou indiretamente, trazendo consequências prejudiciais à biota, ao meio ambiente e à socioeconomia.

Este processo tem ocasionado impactos socioambientais devido a perda da cobertura vegetal, a redução da biodiversidade, extinção de espécies animais e vegetais e o empobrecimento do solo por tornar-se mais lixiviado, exposto à erosão, com redução dos seus nutrientes, além da contaminação do solo, lençol freático e de rios e lagos, redução da produtividade, degradação e desertificação do meio ambiente, contribuindo diretamente para mudança climática e alteração do ecossistema, acarretando prejuízo ambiental e socioeconômico (MARQUES et al., 2017; SALES, 2019).

De acordo com os autores Telles et al. (2009); Bertoni; Lombard Neto (2014), a erosão, do ponto de vista ambiental, causa a perda da matéria orgânica do solo, qualidade do solo, a poluição da água, o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios e a degradação e redução da produtividade global dos ecossistemas terrestres e aquáticos. Do ponto de vista econômico, causa a perda de produtos agrícolas, baixa produtividade, destruição das áreas de cultivo, não sendo possível desenvolver qualquer tipo de atividade de produção, resultando em escassez de alimentos e aumento de custo de vida (OLIVEIRA et al., 2009). Já do ponto de vista social, deslizamentos de terra, destruição da infra-estrutura, aumento do valor da água potável, êxodo rural e urbano e a perda de biodiversidade contribuem para as mudanças de hábitos e culturas ou reformas sociais introduzidas pelo governo (GUERRA, 2014). Por estes motivos, muitos agricultores migram para outros lugares na busca de alternativas de melhoria das condições de vida, provocando problemas sociais (êxodo rural e urbano).

Os prejuízos sociais, econômicos e ambientais advindos da erosão são altos. Essa, por sua vez, reduz a capacidade produtiva das terras, refletindo no aumento dos custos de produção, que pode diminuir a área de exploração agrícola, bem como interferir na qualidade das vias, deslocamento das áreas urbanas e rurais. Assim, a erosão é um dos principais fatores causadores da degradação e deterioração da qualidade ambiental, sendo esta acelerada pelo uso e manejo inadequado do solo. Segundo Ferreira et al. (2015) e Vilhena e Silva (2017), a conscientização ambiental na proteção do solo se constitui em ferramentas aplicáveis e

pertinentes para manutenção do meio ambiente, cujo principal objetivo é garantir que as necessidades das gerações presente e futura não sejam prejudicadas pelo uso indiscriminado do recurso pedológico.

Portanto, entender o comportamento dos impactos socioambientais da erosão ocasionado pela ação antrópica visa a buscar cada vez mais explicações e soluções para que possam ser resolvidos ou minimizados os problemas ambientais (SILVA et al., 2014). O planejamento no uso do solo é indispensável para garantir a sua preservação, sem criar prejuízos ambientais e econômicos sobre a sociedade (BRITO, 2012). Entretanto, o estudo temático é primordial no Sul da Amazonas, com o intuito de fazer o levantamento ou o mapeamento das áreas com maior ocorrência da erosão, auxiliar na implantação de manejos conservacionistas do solo, respeitar as áreas de preservação permanente e buscar aproximar-se do desenvolvimento

4.3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O trabalho procurou tratar sobre o impacto socioambiental da erosão do solo em áreas com diferentes usos e manejo na região da Amazônia. Com o acelerado do desmatamento, esse bioma vem sendo ameaçado, degradado e cada vez mais suscetível à erosão. Na Amazônia, as perdas de solos em áreas de cultivos agrícolas e de pastagens são influenciadas pelo sistema de manejo e têm impactos diretos nas alterações de atributos dos solos.

As atividades de queimada, desmatamento, exploração de madeira, mineração e agropecuária nos solos amazônicos devem ser diligentemente planejadas e as práticas de conservação do solo devem ser aplicadas desde o início do uso, visando conservar o potencial produtivo do solo para as gerações futuras.

Recomendamos algumas medidas que visem o controle à erosão, tais como florestamento e reflorestamento, usando os sistemas agroflorestais, as práticas cordão de vegetação permanente, cobertura morta, rotação de culturas, controle de queimadas, calagem, adubação: química, orgânica, verde, aumento da produção vegetal e adequação da cultura, de acordo com as características do solo de cada ambiente e considerando os aspectos sociais e econômicos de cada região.

Contudo, os estudos complementares são necessários para obtenções de dados mais detalhados sobre os problemas relacionados com o tema no sul da Amazônia, a fim de comprovar os possíveis impactos ambientais que advém do uso do solo e servir de base para o uso sustentável do solo.

4.4. REFERÊNCIAS

- AMORIM, R.S.S.; SILVA, D.D; PRUSHI F.F.; MATOS, A.T. Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE E WEPP para diferentes condições adafoclimáticas do Brasil. **Revista Eng. Agric.** v. 30 no.6. p.1046-1059, 2010
- ANADON, J. D., SALA, O. E.; MAESTRE, F. T. Climate change will increase savannas at the expense of forests and treeless vegetation in tropical and subtropical Americas. **Journal of Ecology**, v. 102, p. 1363–1373, 2014.
- BECKER, B. K. Ciência, tecnologia e inovação: condição do desenvolvimento sustentável da Amazônia, **in: Anais da Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação**, 4. Sessão Plenária 1: Desenvolvimento Sustentável. Brasília, Ministério de Ciência e Tecnologia, p. 91-106. 2010.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo. 10ª Ed. Ícone, 392p. 2017.
- BERTONI, J.; LOMBARDI N, F. **Conservação dos solos**. São Paulo: Ícone, p. 355, 2014.
- BIZERRIL, M.X.; GASTAL, M.L.G. **Introdução à prática da pesquisa socioambiental**. Universidade Federal de Santa Catarina Departamento de Engenharia sanitária e Ambiental. Curso de especialização em Gestão de Recursos hídricos. p.75. 2004
- BRADY, N.C.; WEOL, R. R. **Elemento da natureza e propriedade dos solo**. Ciências do solo. 3ª Edição tradução técnica porto alegre Bookman.p. 186. 2013.
- BRAIDA, J.A; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J.M. Matéria Orgânica e seu efeito na Física do solo. **Revista trópicos clima solo**,7: 221-278, 2011.
- BRITO, A. O. Estudo da erosão no ambiente urbano, visando Planejamento e controle ambiental no Distrito Federal. (**Dissertação de Mestrado em Engenharia Floresta**). Publicação PPG. EFL. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, p.78. 2012.
- 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. Dynamics and espatalespects of erodibility in Indian Black Erth in the Amazon, Brazil. **Revista catena**.v. 185. p.104-281, 2020.
- BROADBENT, E.; ASNER, G.P.; KELLER, M.; KNAPP, D.; OLIVEIRA, P.; SILVA, J. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. **Biological Conservation**, v. 140, p. 142–155, 2008.
- CAJAIBA, R.L. Diagnóstico dos impactos ambientais causados por ações antrópicas em cavernas no município de Uruará-PA. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**. v. 6, n.3, p.490-507, 2014.

CAMPOS, M. C. C. Pedogeomorfologia aplicada a ambientes Amazônicos do médio rio Madeira. **(Tese Doutorado em Ciências do Solo)** - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, p. 1- 242. 2009.

CAMPOS, M. C.C.; BERGAMIN, A.C.; CUNHA, J.M.; OLIVEIRA, I.A. **Caracterização dos atributos dos solo em ambiente natural e transformado na região sul do Amazonas.** Goiânia, 218. 09-13. 2015.

CAMPOS, S.A.C.; GOMES, M.F.M.; COELHO, A.B. Degradação ambiental agropecuária e seus determinantes em Minas Gerais. **Revista de Estudos Sociais.** n.38, v. 19, p.50, 2017.

CELIK, I.; GUNAL, H.; BUDAL, M.; AKPINAR. Cagdas Effects of long-term organicaanda mineral fertilizeres on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterraneans soil condutitionos. **Geoderma**, v.160, p.230-243, 2010.

CENAMO, M. C.; CARRERO, G. C.; SOARES, P. G. **Redução de Emissões do Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+):** Estudo de Oportunidades para o Sul do Amazonas. Série Relatórios Técnicos v.1 Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas – IDESAM. Manaus.p.1-56. 2011.

CORRÊA, R.M.; MARIA,B.G. dos S.;RINALDO, L.C. F.; DA SILVA, J.A.A.; PESSOA, L.G.M.; MIRANDA, M.A.; MELO, D.V.M. Atributos fisicos de solos sob diferentes usos com irrigação no semiárido do Pernambuco. **Revista Brasileira e agricultura ambiental**, v.17, n.4, p.358-365, 2010.

DA 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.

DA SILVA, L. S. Dinâmica da matéria orgânica e a interação com componentes inorgânicos na planta e solo. **(Tese de doutoramento em ciências do solo)**, Universidade Federal do Rio grande do Sul, porto alegre.p.1-179, 2010.

DANIEL, Omar. Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais . Tese **(Tese Doutorado em Ciência Florestal)**.D.S. Universidade Federal de Viçosa – UFV. 123p. 2000.

DE LIMA, R. P.; DA SILVA, A. R.; RAMINELLI, J.A. Importância de atributos físico do solo na identificação da compactação. **Revista verde de agroecologia e Desenvolvimento sustentável.**V.8, n.1, p. 93-97, 2013.

DURÃES, M. F.; DE MELLO, C. R. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. **Revista EngenhariaSaniamento Ambiental.** v.21 n.4 p.677-685. 2016.

FERREIRA, A.O.; SÁ, J.C. DE M.; NASCIMENTO, C.G.; RAMOS, F.S. Impacto de Resíduos Orgânicos em Abatedouro de Aves e Suínos na Produtividade do Feijão na Região dos Campos Gerais. **Revista verde.** v.5, n.4, p.15-21. 2010.

FERREIRA, R.Q.S.; BATISTA, E.C.; SOUZA, P.A.; SOUZA, P.B. **Diagnóstico ambiental do córrego Mutuca, Gurupi – TO**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal - PB - Brasil, v.10, n.4, p.08-12, 2015.

FONESECA, J.J.S. **Metdologia da Pesquiassa Científica.**: Universidade Estadual Ceará, Fortaleza p.1-127. 2002.

GUERRA, A. J. T. A erosão dos solos no contexto social. **Revista Researchgate**. Universidade Federal Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil. p 11, 2014.

HOMMA, A. K. O. **Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação**. Brasília/DF: Embrapa, 2014.

IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas geográfico escolar**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, RJ – Brasil, p 1-16. 2013.

IPEA. O QUE É? AMAZÔNIA LEGAL. **Desafios do desenvolvimento**, ANO 5, ED. 44, P. 64. 2008.

KHORRAMDEL, S.; KOOCHEKI, A.; MAHALLATI, M.N.; KHORASANI, R.;GHORBANI, R. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. **Soil&Tillage Research**, v.133, p.25-31, 2013.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo oficina de texto p.177. 2002.

MACEDO, M. C. **Degradação de pastagens: Conceitos, alternativas e métodos de recuperação**. Informe Agropecuário - EPAMIG, v.26, n.226, p.36-42, 2005.

MARQUES, R. O.; REGINALDO, S. L. F. Degradação do solo por meio da erosão: principais agentes condicionantes e impactos socioambientais causados por voçorocas no lago do zé açu, parintins-AM. **Revista Norte/RIAA**. p.23 2017.

MENEZES, L. F. S.; AMORIM, R.R.; JÚNIOR, A.F.D.; DA SILVA, J. D.;BEZERRAS, S.A. Atributos Físicos do solo: Uma análise a partir das áreas de cultivo do IFP-CAMPUS Vitória de santo Antão. **II Congresso Internacional das Ciências Agrárias**. Manaus, p.1-8, 2017.

MENEZES, S.F. M. Sistema agroflorestais e fertilidade dos solos: uma análise da microrregião de Ariquemes, Rondônia. **(Dissertação do Mestrado em Geografia)**. Universidade Federal de Rondônia Porto Velho. p.1-19, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Florestas do Brasil em Resumo (Relatório)**. Brasília, DF, 2013.

NASCIMENTO, P. B. **Educação ambiental**. UniCesumar a distância. p.147. 2016.

NUNES, J.G.; CAMPOS, M.C.C.; OLIVEIRA, F.P.; NUNES, J.C. Tolerância de perda de solo por erosão na região sul Amazonas. **Ambiência-Revista do sector de ciências agrárias e ambientais**. v.8 N.3. p.859-868, 2012.

O ESTADO DE S. PAULO. **Logística deficiente agrava a posição relativa do País**. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,logistica-deficiente-agrava-a-posicao-relativa-do-pais,1144075,0.htm>>. Acesso em: 06 de jun. 2013.

OLIVEIRA, F. F.; DOS SANTOS, R. E. S.; DE ARAUJO, R. D. Processos erosivos: dinâmica, agentes causadores e fatores condicionantes. **Revista Brasileira de Iniciação Científica Iniciação**. v. 5, n.3, p. 60-83, 2018.

OLIVEIRA, J.G.R.D.; FILHO, J.T.; BARBOSA, G.M.C. Alterações na física do solo com a aplicação de dejectos animais. **Revista Geographia oportuno Tempore**, Londrina, v.2, n 2, Edição especial, p.66-80, 2016.

OLIVEIRA, R. R. De O.; ZATTA, F. N.; BOTH, L. P.; CASTRO, D. S. P. De.; ALMEIDA, D. A. De. Desafios logísticos na Amazônia Legal: Estudo de caso em uma agroindústria. **Espacios**. v. 36, n. 5, p. 8, 2015.

OLIVEIRA, V.S.; JÚNIOR, E. R. B.; FRANCISCO, S.R. Os efeitos naturais, econômicos e sociais da erosão na margem Direita do Rio São Francisco na sustentabilidade dos agroecossistemas. *Revista agrogeoambiental*. p.63-72, 2009.

PORTES, M. C. G. O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhangava- PR. **Floresta**, v.26, n.1/2, p.3-10, 1996.

SALATI, E.; MARQUES, J. Climatology of the Amazon region. In **The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Sioli, H. (ed.). Dr. W. Junk Publishers, 763 p. 1984.

SALES, M. C. G. Aporte e Decomposição da Serapilheira e atributos do solo no Contexto socioambiental da Amazônia. **(Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais)**. Universidade Federal amazônia. p. 3-96. 2019.

SANTOS, C.F.; SIQUEIRA, E.S.; ARAÚJO, I.T.; MAIA, Z.M.G. A agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XVII, n. 2, p. 33-52, 2014.

SANTOS, D. B. O.; BLANCO, C. J. C.; PESSOA, F. C. L. RUSLE para Determinação da Tolerância de Perda de Solo. **Revista Biota Amazônia**. Macapá, v. 5, n. 4, p. 78-83, 2015.

SILVA, D. B. ALVES, N.M. Avaliação da erodibilidade de Argissolos no município de Cristinápolis, Sergipe. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 73-82, 27 out. 2016.

SILVA, D.D.E.; FELIZMINO, F.T.A.; OLIVEIRA, M.G.; **Avaliação da degradação ambiental a partir da prática da cultura do feijão no município de TAVARES-PB.** HOLOS, Ano 31, v.8, 2015.

SILVA, A. S. SILVA, I. F. BANDEIRA, L. B. DIAS, B. O. NETO, L. F. S. Argila e matéria orgânica e seus efeitos na agregação em diferentes usos do solo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 10, p. 1783-1789, 2014.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Rio Grande do Sul: Editora da UFRGS, 2009.

SOARES, M. D. R. CAMPOS, M.C. C. OLIVEIRA, I.A. CUNHA, J.M. SANTOS, L.A C. FONSECA, J. S. DE SOUZA. Z.M. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré, AM. **Revista Ciências Agrárias**, v. 59, n.1,p.9-15, 2016.

SOMBROEK, W. G.. **A reconnaissance of Amazonian Soils**.. Utrecht University Press. p. 293. 1966

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G.G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F.A.; PECHECA, L.P. Uso e manejo do solo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17,n.12, p.1301-1309, 2013.

TEIXEIRA, Marco Antônio Domingues. FONSECA, Dante Ribeiro da. **História Regional: Rondônia**. Ed. AGB Gráfica e Editora. Porto Velho, Rondoniana, 241p. 1998.

TELLES, T. S.; GUIMARÃES M. F. **Custos da erosão do solo**. **Revista Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. Porto Alegre. v. 3, n. 4, p1-15. 2009.

VALE-JÚNIOR, J. F.; SOUZA, M. I. L. De; NASCIMENTO, P. P. R. R.; CRUZ, D. L. De S. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 2, p.158-165, 2011.

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 IXV Forum Latino-americano da Engenharia Sustentável**. Brasília. P. 262-269. 2016.

VILHENA, G.; SILVA, O. Avaliação de impactos ambientais de rodovias no Módulo II da Floresta Estadual do Amapá. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território – GOT**, n.12, 2017.

ZANON, C. A.F. Atributos Físicos e químicos do solo Sob diferente coberturas vegetais sul do Estado do Espírito Santos. **(Monografia de Ciências florestais e da Madeira)**. Universidade Federal do Espírito Santo, p.1-71, 2013.

CAPÍTULO II – ERODIBILIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS NO SUL- AM

RESUMO

Os solos amazônicos vêm sofrendo severas mudanças provocadas por atividades antrópicas, dentre as quais se destaca a transformação de áreas de florestas em cultivos, o que pode causar alterações significativas nos atributos do solo em diversos ambientes, resultando na intensificação da ocorrência da erodibilidade do solo. 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, as quais eram compostas de floresta nativa 1 (FN1), floresta nativa 2 (FN2), Cerrado, Cerradão e ambiente 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 um 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, multivariada comparadas pelo teste de probabilidade (Tukey a 5%) com correlação de Pearson e, por fim, uma análise do factorial dos componentes principais (CP1 e CP2), resultando que as áreas avaliadas de FN1, FN2, cerradão e pastagem apresentam alto nível de erodibilidade em relação às áreas de cerrado, jenipapo, teca e mista. Alto nível de erodibilidade são áreas considerando o critério de maior susceptibilidade à erosão, isto é, solos que possuem grande erodibilidade, apresentaram maior predominância de fração de areias, fator K, K_i 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. Portanto, com análise das áreas avaliadas, há a 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.

Palavras-chave: Atributos dos solo. Processo erosivo. Manejo do solo. Solos amazônicos.

CHAPTER II - SOIL ERODIBILITY IN AREAS UNDER NATURAL AND ANTHROPIZED ENVIRONMENTS IN THE SOUTH AM

ABSTRACT

Amazonian soils have been undergoing severe changes caused by anthropic activities, among which the transformation of forest areas into crops stands out, which can cause significant changes in soil attributes in different environments, resulting in the intensification of the occurrence of soil erodibility. The work aimed to determine the soil erodibility, its indicators and also evaluate the applicability of the soil loss prediction equations proposed by Denardin (1990) and Flanagan & Livingston (1995) under natural and anthropized environments, in the socio-environmental context, in the Southern Amazon region. Areas of approximately one hectare were selected in each study environment, which were composed of native forest 1 (FN1), native forest 2 (FN2), Cerrado, Cerradão and anthropized species of teak (*tectona grandis*), *Jenipapo* (*genipa americana*) and mixed subcultures (*tectona grandis* and *genipa americana*). In each environment, areas of approximately one hectare. The soil samples were collected at random using a Dutch auger, at a depth of 0.00-0.20 m, with 32 sample points per area, totaling 256 samples in 8 areas. Laboratory analyzes were carried out to determine the granulometric analysis, sand fractions, and soil organic matter (MOS). Erodibility was estimated using indirect prediction methods and the data were subjected to descriptive, multivariate statistical analysis compared by probability test (Tukey at 5%) with Pearson's correlation and, finally, an analysis of the factorial of the main components (CP1 and CP2), resulting that in the evaluated areas of FN1, FN2, cerradão and pasture show a high level of erodibility in relation to the areas of cerrado, genipap, teak and mixed subcultures. High levels of erodibility are areas considering the criterion of greater susceptibility to erosion, that is, soils that have great erodibility presented a higher predominance of sand fraction, K factor, Ki Kr and low clay content. The change in the use and occupation of the soil by the various anthropic activities in an unplanned way can alter and degrade the environment, impacting agricultural productivity, degrading the soil and causing economic instability on society, which further accelerates the erosion process. Therefore, with the analysis of the evaluated areas, there is a need to monitor and adopt soil conservation practices in order to minimize erodibility, contributing to the increase of sustainability and environmental quality.

Keywords: Soil attributes. Erosive process. Soil management. Amazonian soils.

5. INTRODUÇÃO

A região Amazônica está situada na parte norte da América do Sul, com cerca de 6 milhões de Km², sendo a maior floresta tropical do mundo e o maior reservatório da biodiversidade do planeta. Integrante da região Amazônica, a região sul do Amazonas ocupa cerca de 474.021 km² total de área, equivalente a 30% do Estado do Amazonas. Dentre os municípios que integram no sul do Amazonas, Humaitá recebe destaque por ser o município onde ocorre o entroncamento entre as BR 230 e BR 319, servindo de apoio para viajantes de diversas regiões do país e do exterior, com ambientes naturais e ambientes em diferentes usos antrópicos, sendo a agropecuária a principal atividade da região (FROZZI, 2017).

O solo é um dos recursos naturais essenciais no planejamento das atividades antrópicas, no qual apresenta funções e serviços vitais no ecossistema, que inclui mitigação das mudanças climáticas, segurança alimentar, reserva e purifica a água e protege o meio ambiente (SCHAEFER et al., 2017). Mesmo assim, os solos da região sul do Amazonas vêm sofrendo pela substituição de áreas de florestas por áreas com atividades antrópicas, sem o devido conhecimento e a observância de critérios técnicos, e isso tem sido um dos principais problemas na região (FROZZI et al., 2020).

Estas interferências antrópicas nos solos culminaram na aceleração dos processos erosivos, causando prejuízos negativos para o meio ambiente. Segundo Eduardo et al. (2013), a erosão é um dos maiores problemas ambientais, responsável pela degradação do solo com mais intensidade. De acordo com Duarte et al. (2020), isso resulta no declínio dos rendimentos das culturas, aumento dos custos de produção e, por conseguinte, na perda de nutrientes e matéria orgânica do solo, causando prejuízos diretos ao ecossistema e destruindo a biodiversidade.

Erodibilidade é a susceptibilidade de um solo em sofrer erosão. A erodibilidade expressa, quantitativamente, a suscetibilidade do solo ao processo erosivo (LOURENÇO et al., 2020). A erosão do solo é um fenômeno complexo, pois envolve desagregação, transporte e deposição de partículas, associado pela ação natural e antrópicas. O manejo inadequado do solo ocasiona a erosão e, conseqüentemente, a perda de nutrientes que, combinados com o esgotamento das reservas destes, destrói em pouco tempo o que a natureza levou milhares de anos para construir (SANTIAGO et al., 2016).

Portanto, é fundamental estudos que visem estimar e avaliar os impactos causados na erodibilidade do solo em áreas sobre conversão de floresta para atividades antrópicas na região Amazônica, pois o diagnóstico e monitoramento da potência natural da erosão e os riscos de degradação em diferentes áreas e meios ambientes contribuem com informações

importantes para o planejamento no uso e ocupação no ambiente natural e antropizados de um região (SANTIAGO et al., 2016). O cultivo convencional é o principal responsável pela erosão dos solos, visto que este implica um uso intensivo do mesmo, visando a máxima produção sem se preocupar com características ambientais.

As técnicas indiretas para cálculos de erodibilidade foram estabelecidas para determinação deste fenômeno nos solos, visto o longo período de tempo necessário para observação em condições naturais, ou pelo altos custos econômicos na produção de chuvas artificiais (WISCHUMEIER, et al., 1971). Dentre as técnicas mais utilizadas para determinação indireta da erodibilidade (fator K para uso na USLE/EUPS - Universal Soil Loss Equation/ Equação Universal de Perda de Solo), temos a proposta por Denardin (1990). A USLE quantifica K – fator erodibilidade global, enquanto a WEPP estima K_{rwepp} – fator erodibilidade em sulco, K_{iwepp} – fator erodibilidade em entressulcos e a τ_{cwepp} – fator tensão cisalhante do solo.

O valor de erodibilidade é muito variável, devido à ampla variedade de solos com atributos diferenciados, tornando arriscado estimar um valor, com base unicamente na classificação do solo (SOUZA, 2018). O estudo de erodibilidade do solo envolve as condições intrínsecas desses solos, dados pela características e propriedade físicas, químicas e mineralógicas (WISCHUMEIER, et al., 1971). O conhecimento das mudanças nos atributos dos solos causadas por vários usos antropogênicos fornece auxílio para a adoção de práticas de gestão que permitem aumentar o rendimento do processo produtivo com a conservação dos ambientes, minimizando a erosão do solo, garantindo que as gerações futuras possam explorar esses recursos de forma mais consciente, ou seja, para fornecer recursos sustentáveis em desenvolvimento (FROZZI et al., 2020).

Embora diversos trabalhos científicos e o esforço de um grande número de pesquisadores tenham contribuído para o avanço do conhecimento dos solos na região sul do Amazonas, há a necessidade de ampliar este conhecimento para uma melhor compressão dos ecossistemas amazônicos (SCHAEFER et al., 2017). Visando a soluções técnicas adequadas para uso e manejo do solo de maneira sustentável. Com a utilização dos métodos de estatística descritiva e multivariada, é possível explicar o máximo de intercorrelação entre as variáveis e descobrir quais delas contribuem mais para a caracterização ou alteração do solo. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é determinar a erodibilidade do solo de forma indireta sob ambientes naturais e antropizados, no município de Humaitá, no Sul do Amazonas.

5.1. MATERIAL E MÉTODOS

5.1.1. 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).

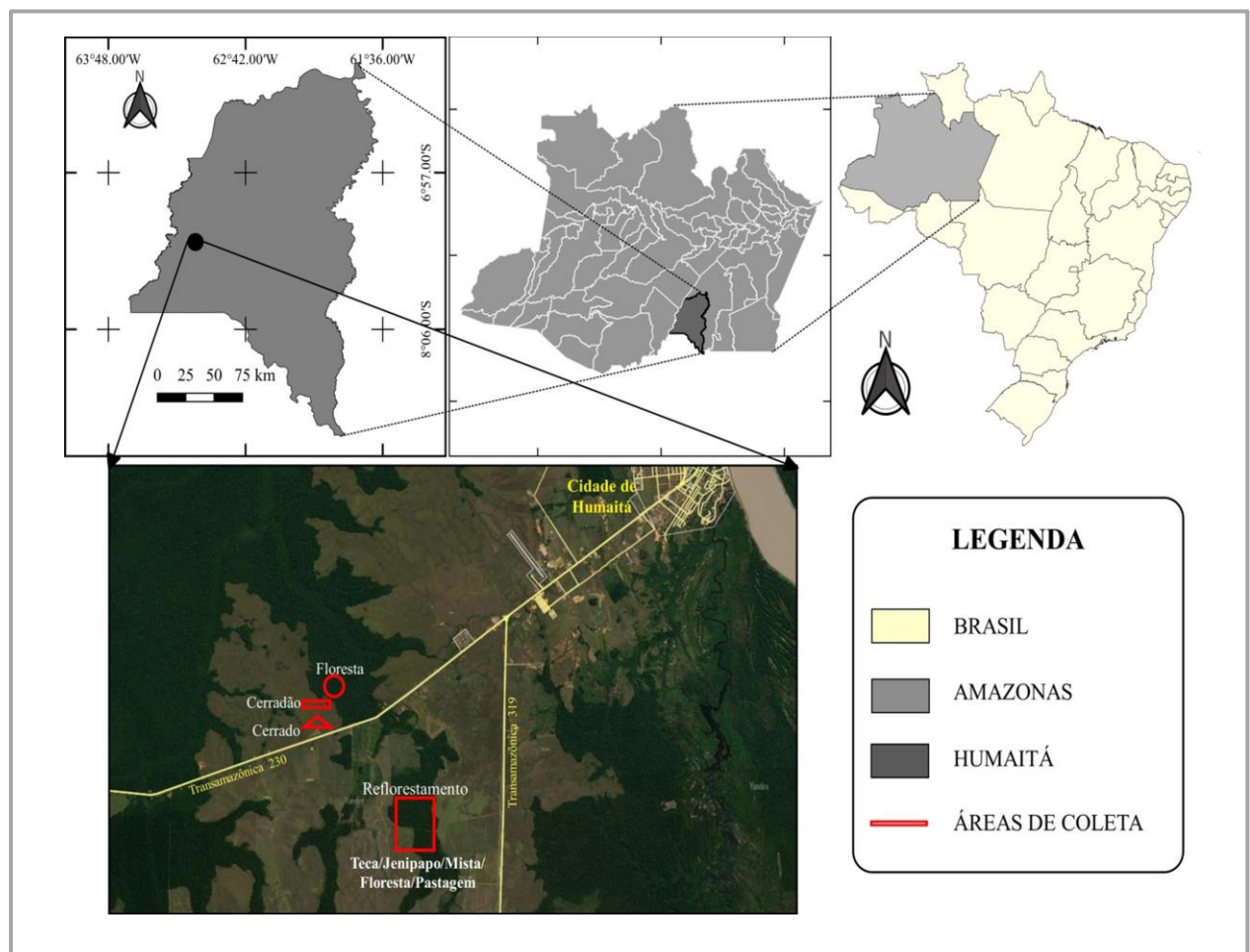


Figura 2. Localização das áreas de Estudo. Mapa do estado do Amazonas, destacando as oito áreas de estudo no município de Humaitá-AM.

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).

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

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 consequente 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 consequente 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>)	

5.1.2. 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.

5.1.3. 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: $MOS = CO \times 1,724$.

5.1.4. Determinação dos fatores de Erodibilidade (K, Ki, Kr) 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, $t\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}\ ha\ h$), 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 = $[(0,002 \times \text{argila, \%}) + (0,026 \times \text{silte, \%}) + (0,075 \times \text{areia muito fina, \%}) + (0,175 \text{ areia fina, \%}) + (0,375 \text{ areia média, \%}) + (0,75 \text{ areia grossa, \%}) + (1,5 \text{ areia muito grossa, \%})] / (\text{argila, \%} + \text{silte, \%} + \text{areia, \%})$;

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_i , $kg\ s\ m^{-4}$), em sulcos (fator K_r , $s\ m^{-1}$) e da tensão cisalhante (τ_c , $N\ m^{-2}$), foram utilizadas as equações com forme as classe de textura e permeabilidade da Tabela 3.

Tabela 3. Classe textural e classes de permeabilide do solo

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

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):

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

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

em que:

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

ARG = percentual de argila, (%).

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

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

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

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

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

Em que:

AMF = percentual de areia muito fina, %;

e = base dos logaritmos neperianos;

MO = percentual de matéria orgânica do solo, %;

ARG = percentual de argila, %.

5.1.5. 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).

5.2. 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_{iwepp} apresentaram variabilidade na área de pastagem (93,00) e menor valor (36,00) na área cerrado. Já o fator erodibilidade em sulcos K_{rwwpp} 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%).

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.

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 _{i wepp}	3,23E ⁺⁰⁶	3,22 ⁺⁰⁶	6,87 ⁺⁰⁵	21,24	0,27	-0,65	0,11
⁶ K _{r wepp}	0,01	0,01	0,00	2,27	3,91	16,54	0,36
⁷ τ _{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 _{i wepp}	3,10E ⁺⁰⁶	3,15E ⁺⁰⁶	5,66E ⁺⁰⁵	18,26	0,68	2,87	0,17
⁶ K _{r wepp}	0,01	0,01	0,00	6,57	2,72	17,32	0,45
⁷ τ _{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 _{i wepp}	3,22E ⁺⁰⁶	3,37E ⁺⁰⁶	3,69E ⁺⁰⁵	11,43	-0,38	-0,54	0,19
⁶ K _{r wepp}	0,01	0,01	0,00	4,10	5,47	29,91	0,50
⁷ τ _{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 _{i wepp}	4,85E ⁺⁰⁶	5,12E ⁺⁰⁶	9,27E ⁺⁰⁵	19,10	-2,69	6,58	0,39
⁶ K _{r wepp}	0,01	0,01	0,00	7,87	1,08	0,56	0,15
⁷ τ _{c wepp}	4,76	4,83	0,59	12,49	-1,02	0,52	0,21

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_{i wepp}: erodibilidade em entressulcos, kg.s.m⁻⁴; K_{r wepp}: erodibilidade em sulcos, kg.N⁻¹.s⁻¹; τ_{c wepp}: tensão cisalhante, N.m⁻².

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.

Variável	Camada de 0,00 – 0,20 m						
	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 _{i wepp}	4,17E ⁺⁰⁶	4,67E ⁺⁰⁶	9,32E ⁺⁰⁵	22,37	-0,21	-1,51	0,22
⁶ K _{r wepp}	0,01	0,01	0,01	71,10	5,29	28,63	0,44
⁷ τ _{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 _{i wepp}	3,22E ⁺⁰⁶	3,11E ⁺⁰⁶	6,85E ⁺⁰⁵	21,26	1,65	3,33	0,25
⁶ K _{r wepp}	0,01	0,01	0,00	4,78	-3,42	10,94	0,52
⁷ τ _{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 _{i wepp}	3,99E ⁺⁰⁶	3,88E ⁺⁰⁶	4,73E ⁺⁰⁵	11,88	0,94	-0,26	0,19
⁶ K _{r wepp}	0,01	0,01	0,00	9,96	0,24	4,23	0,39
⁷ τ _{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 MOS (g/kg)	33,50	33,90	4,44	13,24	0,57	0,53	0,09
⁴ K	0,04	0,05	0,01	11,50	-0,34	-0,77	0,14
⁵ K _{i wepp}	3,54E ⁺⁰⁶	3,70E ⁺⁰⁶	4,31E ⁺⁰⁵	12,17	-0,98	0,25	0,19
⁶ K _{r wepp}	0,01	0,01	0,00	0,45	1,54	2,30	0,18
⁷ τ _{c wepp}	3,50	3,50	0,00	0,00	*	*	*

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; K_{i wepp} erodibilidade em entressulcos, kg.s.m⁻⁴; K_{r wepp}: erodibilidade em sulcos, kg.N⁻¹.s⁻¹; τ_{c wepp}: tensão cisalhante, N.m⁻².

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

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
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
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

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, 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 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 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 $\tau_{c\ wepp}$ 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 $\tau_{c\ wepp}$ 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_{iwepp} , K_{rwepp} 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_{rwepp} em todas as áreas avaliadas apresentaram valores constantes (0,01 kg.N⁻¹.s⁻¹). Já o fator τ_{cwepp} 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.

5.3. 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, consequentemente, 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.

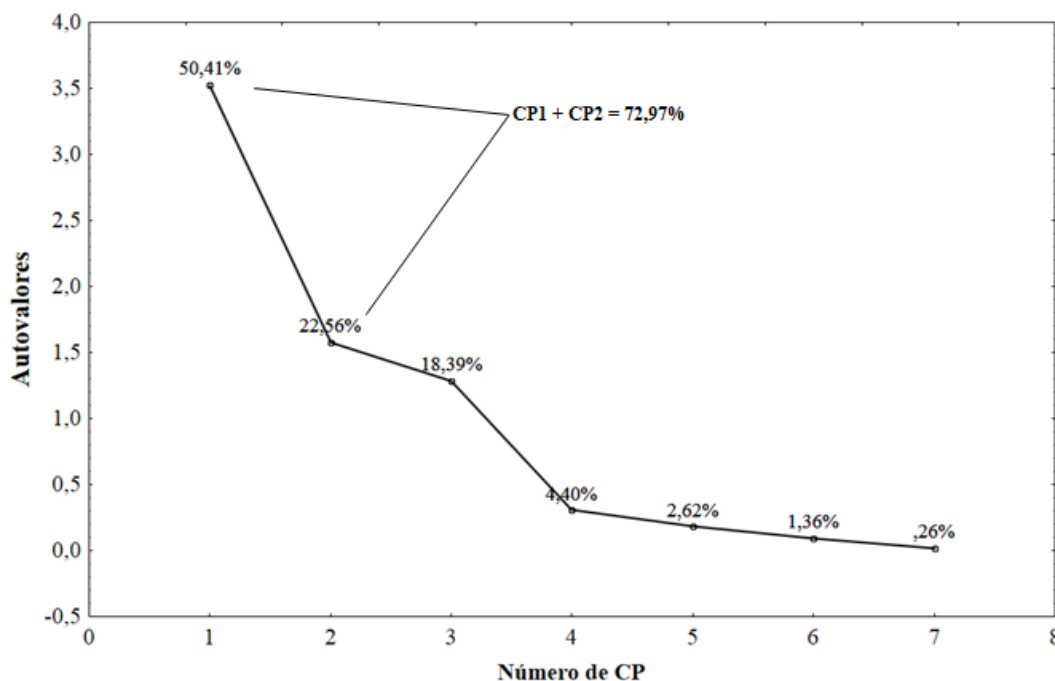


Figura 3. Correlação do valor entre cada componente e variáveis analisadas e fatores dos atributos do solo com os fatores (autovalores) dos componentes principais (CP1 e CP2) correspondentes as áreas com diferentes usos no sul do Amazonas-AM.

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_{iwepp} e $\tau_{c\ wepp}$, 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 $K_{r\ wepp}$. 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).

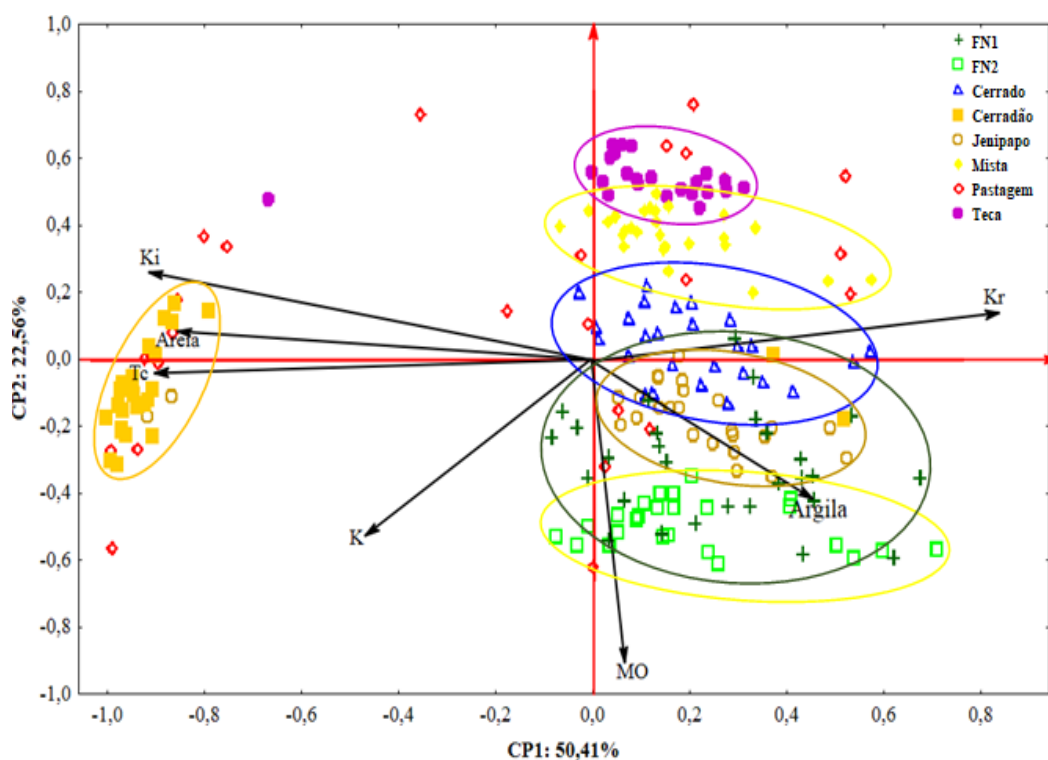


Figura 4. Análise de componentes principais dos atributos dos solos estudados na profundidade de 0,00 – 0,20m para as áreas FN1, FN2, cerrado, cerradão, pastagem, jenipapo, teca e mista, no sul do Amazonas-AM.

5.4. 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, K_i 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.

5.5. 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: WEPP 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 amazônico. **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 IXV Forum 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.