


UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO AGRICULTURA E AMBIENTE-IEAA  
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA-CVRM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS-  
PPGCA



**RELAÇÕES ENTRE OS ATRIBUTOS DO SOLO E AS FRAÇÕES  
ORGÂNICAS DO CARBONO EM AMBIENTES DE PASTAGENS E  
FLORESTA NO NORTE DE RONDÔNIA**

**ELYENAYRA NOGUEIRA PINHEIRO**

Humaitá – AM  
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM  
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO AGRICULTURA E AMBIENTE-IEAA  
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA-CVRM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS-PPGCA

**RELAÇÕES ENTRE OS ATRIBUTOS DO SOLO E AS FRAÇÕES  
ORGÂNICAS DO CARBONO EM AMBIENTES DE PASTAGENS E  
FLORESTA NO NORTE DE RONDÔNIA**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, da Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

Mestranda:

Elyenayra Nogueira Pinheiro

Orientador:

Prof. Dr. Milton César Costa Campos

Humaitá – AM  
2022

### Ficha Catalográfica

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

P654r Pinheiro, Elyenayra Nogueira  
Relações entre os atributos do solo e as frações orgânicas do carbono em ambientes de pastagens e floresta no norte de Rondônia / Elyenayra Nogueira Pinheiro . 2022  
43 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Milton César Costa Campos  
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Região amazônica. 2. Sistema de pastagens. 3. Carbono. 4. Qualidade do solo. I. Campos, Milton César Costa. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

Elyenayra Nogueira Pinheiro

**RELAÇÕES ENTRE OS ATRIBUTOS DO SOLO E AS FRAÇÕES  
ORGÂNICAS DO CARBONO EM AMBIENTES DE PASTAGENS E  
FLORESTA NO NORTE DE RONDÔNIA**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-  
Graduação como requisito para obtenção do  
título de Mestre em Ciências Ambientais, da  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Milton César Costa Campos, Presidente  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. José Maurício da Cunha (**Membro**)  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. Ivanildo Amorim de Oliveira (**Membro**)  
Instituto Federal de Rondônia-IFRO

### **Dedicatória**

Primeiramente a Deus e minha família, ao meu orientador pelo apoio e aos meus amigos.

“Seja forte e corajoso! Não desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar  
Josué 1:9”

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter permitido que eu chegasse até aqui.

A Universidade Federal do Amazonas (UFAM), pela oportunidade de realização da pós graduação e pela capacitação profissional. A FAPEAM pela bolsa.

Ao meu orientador Milton César Costa Campos pela orientação e por proporcionar a oportunidade de desenvolver esse projeto, por nos ensinar o que é ser um profissional com responsabilidade. Obrigada por ser um espelho de profissionalidade, apoio e exemplo como pessoa.

A cada membro do Grupo de Pesquisa Solos e Ambiente Amazônico, pelo apoio nos trabalhos desenvolvidos durante todo esse tempo de experiência e conhecimento adquirido.

Gratidão a minha família pela educação e paciência até aqui, aos meus pais, Maria de Nazaré e Eleni Cordeiro por serem os mentores da minha educação serem minha base e sustento, agradeço cada oração feita, por nunca deixar de acreditar no meu potencial por serem o motivo de cada dia passado longe de casa, vocês foram meu incentivo nos piores momentos durante essa caminhada, onde nenhum cansaço nem desânimo me fez desistir. Elenilda, Elenilson, Eleylson, Eline, Vanderlei e Camila obrigada por tudo o que fizeram por mim, pelo apoio, incentivo, força e ajuda. Meus sobrinhos, Waléria, Emanuela, Alain e Enelly, por representarem um amor incondicional na minha vida.

A cada um dos professores pelos ensinamentos e contribuições, aos meus amigos Elilson, Alan, Lívia, Soraya, Brenda, obrigada pelo incentivo, apoio, parceria e companheirismo.

A banca examinadora deste trabalho de conclusão de mestrado. A todos que direta, ou indiretamente, me ajudaram durante essa trajetória.

## RESUMO

O teor de mudança nos estoques de carbono do solo de grandes áreas de florestas sofrerá com futuras transformações na cobertura vegetal ou no uso desordenado da terra, assim como também a mudança do clima e o aumento de CO<sub>2</sub>. Quanto a importância social e ambiental, o carbono e sua dinâmica estão envolvidos diretamente nos 0,1% dos gases do efeito estufa presentes na atmosfera, que apesar de baixo são bastantes prejudiciais, justificando seu estudo. Desta forma, este trabalho tem como objetivo estudar a dinâmica e assimilação do carbono e seus impactos na conservação ambiental nos solos da região Amazônica, e analisar a dinâmica da distribuição espacial das diferentes formas de carbono presente nos diferentes ambientes, pastagens e floresta. O estudo foi realizado no município de Porto Velho, no distrito União Bandeirantes- Rondônia, sob as coordenadas geográficas latitude 9° 45' 32'' S e longitude 64° 31' 39'' W. Foi estabelecida uma malha de 90x50 m com espaçamento regular de 10 m entre os pontos amostrais, dentro das áreas de Mombaça, braquiária e floresta. Os solos foram amostrados nos pontos de cruzamento das malhas, sob as profundidades de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m, perfazendo um total de 60 pontos amostrais em cada área na forma de torrão e anel volumétrico, totalizando 120 amostras por área e 360 amostras ao todo. A partir do anel volumétrico e do torrão foram determinados os atributos físicos, químicos e as frações orgânicas do carbono. Para o fracionamento granulométrico do carbono orgânico (CO) utilizou-se aproximadamente 20g de solo e 60 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5g L<sup>-1</sup>) para determinação do carbono associado aos minerais (COam) e o carbono orgânico particulado (COp). Após a obtenção e tratamento dos dados, esses foram analisados primeiramente por estatística descritiva e as médias foram comparadas por teste de tukey a 5% de probabilidade para verificação das diferenças e similaridades entre ambientes. Para estudo comportamental da distribuição espacial das formas de carbono no solo, foi realizada a análise geoestatística. Com base nos parâmetros de geoestatísticos foi gerado os mapas de krigagens das variáveis, e para verificar as relações de intra e inter dependência dos atributos entre os ambientes, foi realizada as análises de componentes principais, oriundas da análise multivariada e geoestatística. A geoestatística comprovou que a substituição da área de floresta para área de manejo associada ao relevo ocasionou modificações na dinâmica da distribuição e comportamento das variáveis de carbono do solo. Para os ambientes que foram estudados observa-se que a braquiária não teve tanta diferenciação em relação a área de floresta, sendo menos influenciável em comparação a pastagem de mombaça. Os valores de carbono orgânico particulado (COp) com foco maior foi encontrado na área de floresta, onde em profundidade aumenta. Há uma relação do carbono orgânico (CO) com as concentrações do carbono orgânico associado aos minerais (COam) de forma que possuem relação com o aumento ou diminuição dessas taxas.

**Palavras Chave:** Região amazônica, Sistema de pastagens, Carbono, Qualidade do solo.

## **ABSTRACT**

The rate of change in soil carbon stocks of large areas of forests will suffer from future transformations in vegetation cover or from disorderly land use, as well as climate change and CO<sub>2</sub> increases. As for social and environmental importance, carbon and its dynamics are directly involved in the 0.1% of greenhouse gases present in the atmosphere, which despite being low are quite harmful, justifying its study. Thus, this work aims to study the dynamics and assimilation of carbon and its impacts on environmental conservation in the soils of the Amazon region, and to analyze the dynamics of the spatial distribution of the different forms of carbon present in different environments, pastures and forest. The study was carried out in the municipality of Porto Velho, in the União Bandeirantes-Rondônia district, under the geographical coordinates latitude 9° 45' 32" S and longitude 64° 31' 39" W. A grid of 90x50 m was established with regular spacing of 10 m between sampling points, within the areas of Mombasa, brachiaria and forest. The soils were sampled at the grid crossing points, under depths of 0.00-0.10 m and 0.10-0.20 m, making up a total of 60 sample points in each area in the form of a lump and a volumetric ring, totaling 120 samples per area and 360 samples in all. From the volumetric ring and the lump, the physical and chemical attributes and the organic fractions of carbon were determined. For the granulometric fractionation of organic carbon (CO), approximately 20g of soil and 60 mL of sodium hexametaphosphate solution (5g L<sup>-1</sup>) were used to determine the carbon associated with minerals (CO<sub>am</sub>) and particulate organic carbon (CO<sub>p</sub>). After obtaining and processing the data, they were first analyzed using descriptive statistics and the means were compared using the Tukey test at 5% probability to verify the differences and similarities between environments. For the behavioral study of the spatial distribution of carbon forms in the soil, a geostatistical analysis was performed. Based on the geostatistical parameters, the kriging maps of the variables were generated, and to verify the intra and inter dependency relationships of the attributes between the environments, principal component analyzes were performed, arising from the multivariate and geostatistical analysis. Geostatistics proved that the substitution of the forest area for the management area associated with the relief caused changes in the dynamics of the distribution and behavior of soil carbon variables. For the environments that were studied, it was observed that the brachiaria did not have as much differentiation in relation to the forest area, being less influenced in comparison to the mombasa pasture. The values of particulate organic carbon (CO<sub>p</sub>) with greater focus were found in the forest area, where it increases in depth. There is a relationship between organic carbon (CO) and concentrations of organic carbon associated with minerals (CO<sub>am</sub>) in a way that they are related to the increase or decrease of these rates.

**Key-words:** Amazon region, Grazing system, Carbon, Soil quality.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. JUSTIFICATIVA</b> .....	11
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	12
<b>3.1. Objetivo Geral</b> .....	12
<b>3.2. Objetivos Específicos</b> .....	12
<b>4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	12
<b>4.1. USO DE PASTAGENS NA AGROPECUÁRIA NA AMAZÔNIA</b> .....	12
<b>4.3. FLUXOS DE CARBONO NOS SOLOS</b> .....	14
<b>4.4. MATÉRIA ORGÂNICA E RESERVATÓRIO DE CARBONO NO SOLO</b> .....	15
<b>4.5. CARBONO NOS SISTEMAS DE MANEJO E USO DO SOLO</b> .....	16
<b>4.6 FRAÇÕES LÁBEIS DO CARBONO</b> .....	17
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
<b>5.1. Localização da área de estudo</b> .....	17
<b>5.2. Caracterização do ambiente de estudo</b> .....	18
<b>5.3 Descrição física e química das áreas estudadas com valores médios</b> .....	18
<b>5.4. Metodologia de campo</b> .....	19
<b>5.5. Análises Físicas</b> .....	20
<b>5.6. Análises químicas</b> .....	21
<b>5.7 Fracionamento do carbono orgânico</b> .....	21
<b>5.8. Análise Estatística</b> .....	22
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
<b>6.1 Atributos químicos e variáveis do carbono no solo</b> .....	24
<b>6.2 Análise Multivariada</b> .....	27
<b>6.2. Análise geoestatística</b> .....	29
<b>7. CONCLUSÕES</b> .....	34
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	34

## 1. INTRODUÇÃO

A região Amazônica é formada por uma extensão designada como uma das mais antigas, sendo considerada geologicamente como uma das mais estabilizadas do mundo. Para a região amazônica alguns esforços têm sido centrados com intuito de avaliar as modificações ocorridas no solo (AQUINO et al., 2014). Estas modificações que ocorrem e interferem na dinâmica do carbono, podem ser decorrentes da ação natural por processos de emissão, respiração bacteriana e retirada das plantas (COSTA JÚNIOR et al., 2012), ou de antrópica, através de atividades que utilizem direta ou indiretamente estes solos (MATIAS et al., 2012).

A agricultura destaca-se por sua vez como uma dessas atividades, em que as práticas de derrubadas, preparo do solo e retirada da vegetação natural provoquem modificações nos ambientes, servindo como um indicador para verificar o grau de impacto de uso e manejo (ARAGÃO et al., 2012). Estudos sobre avaliação do carbono orgânico (CO) em ambiente natural e cultivado são encontrados de forma que, ocorrem modificações pela agricultura podendo aumentar ou diminuir o carbono orgânico (CO) (SOUZA et al., 2020). Desta forma as transformações na cobertura vegetal ou no uso desordenado da terra, assim como também, a mudança do clima e o aumento de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), (COX et al., 2000; FRIEDLINGSTEIN et al., 2006) em razão do manejo aplicado aos solos.

Nos estudos de Scharrón & Sánchez (2017), os autores afirmam que a degradação ambiental pode ser motivada através de processos que envolvem diminuição do sistema hídrico, assim como também a fertilidade do solo, motivando a degradação ambiental e deixando todo o sistema instável. A fertilidade do solo, biodiversidade subterrânea, e as propriedades físicas, químicas e biológicas são fatores afetados devido a remoção de materiais essenciais para o mantimento desses elementos no solo (CANQUI, 2017).

Assim, é importante que se busque averiguar ambientes onde possa ocorrer modificações, as limitações atribuídas pelo ambiente, seja ela de ordem física ou química (SCHAEFER et al. 2017), uma vez que, a variedade de vida terrestre depende totalmente dos recursos que o solo fornece. Contudo, existem atividades de cultivo que são realizadas de forma acelerada e desordenada, e contribuem para a redução do potencial dos nutrientes e a potencialidade do solo em sua produtividade, e com o tempo essas taxas passam a ser de magnitudes maiores do que a capacidade de reabastecimento desse solo (AMUNDSON et al., 2015).

Para avaliar as diferentes formas de uso do solo num período de tempo mais curto é utilizado o carbono lábil como um indicador (SILVA et al., 2011). O carbono lábil é um

constituente de compostos orgânicos com grande facilidade de mineralização pelos microrganismos do solo (RANGEL et al., 2008). A fração lábil proporciona elevada taxa de decomposição e um curto período de permanência no ambiente, sua principal função é disponibilizar nutrientes às plantas através da mineralização, além de energia e carbono aos microrganismos do solo (SILVA et al., 2011)

Logo, pretende-se verificar a influência das frações orgânicas do carbono nos atributos do solo, mediante a conversão de ambientes naturais em áreas com sistema de pastagens.

## **2. JUSTIFICATIVA**

Este trabalho se justifica em razão de alguns estudos serem realizados apenas em ambientes de certa forma controlados, aqueles cujos parâmetros físicos e bioquímicos são pré-definidos pela finalidade de uso do espaço, levando em consideração aspectos a temperatura, umidade entre outros fatores. Porém há necessidade do estudo quando se trata de condições ambientais e apresentem os aspectos naturais, ou locais de transição para solos cultivados. O processo da dinâmica do carbono é um dos principais problemas a ser discutido como objeto da ciência, assim como também aqueles que envolvem entraves sociocultural.

O carbono de maneira geral se apresenta como um fator de relevância ambiental e social (LOPES & MIOLA, 2010). O estudo ambiental é realizado através da sua quantificação na estocagem no solo (PAIVA et al., 2011), na forma orgânica (SOUZA et al., 2012) como também na forma de gases para a atmosfera. Esse estudo baseia-se em avaliar o seu comportamento na relação solo e a atmosfera, mediante determinada situação o qual é submetido, sejam elas natural ou antropizada (PRIMIERY et al., 2017).

Devido ao sistema radicular das gramíneas se apresentar de forma densa, e em contato com as partículas minerais, estes contribuem para a estabilização da matéria orgânica do solo (MOS) (RASSE; RUMPEL; DIGNAC, 2005; ROSSI et al., 2011), que de acordo com esses autores, o C derivado de raízes possuem um tempo médio de residência duas vezes maior que o C derivado da parte aérea, e o reforço das raízes para a MOS é cerca de trinta por cento (30%) maior que da parte aérea. Assim o carbono orgânico do solo (COS), em sua origem tem como principais contribuintes as frações, carbono orgânico particulado (CO<sub>p</sub>), carbono orgânico associado aos minerais (CO<sub>am</sub>), labilidade (L), índice de labilidade (IL), índice de compartimento do carbono (ICC) e índice de manejo do carbono (IMC) porém ela também pode ser oriunda da ação biológica através dos macros e microrganismos presentes no solo (SILVA et al., 2017) ou desenvolvida pela ação antrópica, podendo esse apresentar na forma estável ou lábil (OLIVEIRA et al., 2018). Esse carbono torna-se sensível as modificações do ambiente, no

qual ocorre a redução de carbono no solo mostrando assim a relação com o tamanho da estrutura do solo (BORGES et al., 2015).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Estudar a interação e comportamento das frações orgânicas do carbono com os atributos do solo em sistemas de pastagens anteriormente ocupado por florestas no norte do Estado de Rondônia.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

Determinar os atributos físicos e os químicos do solo em áreas de pastagens (braquiária e mombaça) e floresta no distrito de União Bandeirantes no norte de Rondônia.

Realizar o fracionamento granulométrico do carbono orgânico, determinando assim as frações do carbono associado aos minerais (COam) e a particulada COp em áreas de pastagens (braquiária e mombaça) e floresta no distrito de União Bandeirantes no norte de Rondônia.

Analisar o comportamento espacial das diferentes formas de carbono orgânico por meio das análises estatísticas descritivas e geoestatísticas, e as relações intra e interespecífica das frações orgânica com os atributos do solo pela análise de componentes principais em áreas de pastagens (braquiária e mombaça) e floresta no distrito de União Bandeirantes no norte de Rondônia.

### **4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **4.1. USO DE PASTAGENS NA AGROPECUÁRIA NA AMAZÔNIA**

Se tratando de economia, o setor agropecuário é uma das principais fontes de renda do estado de Rondônia, representando valores variando de 13,9% a 15,0% de contribuição para o PIB do estado que já somou R\$ 43,51 bilhões (LIMA et al., 2015). As atividades agropecuárias nos estados são as mais variadas, desde a agricultura com produção em pequena escala sendo predominante pelos agricultores familiares, média produção e os de produção em larga escala predominante pelo monocultivo, seja de culturas perenes, anuais ou espécies florestais. Outro contribuinte é o setor pecuário que são majoritariamente representados pela pesca, aquicultura e criação bovina, tipo carne e leite (VALE & ANDRADE, 2012).

Se tratando do rebanho bovino de Rondônia, este ocupa a sexta posição de maior rebanho do Brasil, com 14.091.378 animais, que ocupam uma área de 5.860.878 ha de pastagens, com destaque para o município de Porto Velho que concentra 970.515 animais. Para

manutenção desses rebanhos, são necessárias práticas que visem o fornecimento de alimento, bem como a aquisição de espaço afins de expansão da produção, sendo esse o fator de enorme preocupação ambiental (CASTRO FILHO et al., 2006).

Resende et al., (2015) mostra em seus estudos que para a implementação de sistemas de pastagens, são necessários processos de preparos do solo, que incluem principalmente a retirada de ambiente natural e a sua substituição por área de cultivo. Em seus estudos Moline & Coutinho (2015), estudaram que ambientes quando submetidos à conversão para fins de agricultura sofrem modificações tanto pela perda de biomassa, como também por alterações físicas no preparo do solo, onde irão influenciar diretamente na matéria orgânica, alterando toda a dinâmica natural do ambiente. Lisbôa et al., (2016) mostram em suas pesquisas que o manejo quando realizado de forma inadequado gera adversos danos, para o solo reduzindo sua qualidade e para o pasto reduzindo seu desempenho, que conseqüentemente afeta a produção bovina, tornando-se um grande problema para o produtor.

#### **4.2. CARBONO DO SOLO NO CONTEXTO AMBIENTAL AMAZÔNICO**

Atualmente na região amazônica alguns trabalhos têm centrado esforços no sentido de avaliar as transformações ocorridas no solo após a substituição de ecossistemas de floresta em sistemas agrícolas (AQUINO et al., 2014). Diante de tal situação, tem se observado que o estoque de carbono no solo tem sido afetado de modo significativo pelos sistemas de uso e manejo do solo (CAMPOS et al., 2016).

Estudando o estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração, observaram que a alteração de ecossistemas naturais por agroecossistemas com culturas, tem provocado alterações no teor de carbono orgânico do solo, devido à redução de aporte, perdas por erosão e decomposição da matéria orgânica (HICKMANN & COSTA, 2012).

Em outro cenário, o carbono orgânico total (COT) tem sido determinado para que seja estimado a fração orgânica do solo (NELSON & SOMMERS, 1982). De modo geral, o COT tem contribuído para a manutenção da capacidade produtiva e mitigação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (FOLEY et al., 2005). Outros estudos destacam que o COT e seu estoque tem sido eficientes indicadores do efeito estufa de sistemas de manejo na qualidade do solo, além de observar que alguns atributos do solo são poucas sensíveis à algumas mudanças decorrentes do manejo (CONCEIÇÃO et al., 2005). Outro ponto relevante é que os solos agrícolas podem atuar como dreno ou fonte de gases de efeito estufa (GEE), dependendo do sistema de manejo a que forem submetidos (IPCC, 2001).

Segundo CERRI et al. (2007) dentre os gases do efeito estufa (GEE), o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) é o que mais contribui para o aumento da concentração, devido à grande quantidade emitida para a atmosfera, e algumas práticas agrícolas, especialmente no que se refere a mudanças do uso e do manejo dos solos, que estão diretamente relacionadas com essa emissão. Estudos tem demonstrado que a potencial estocagem de C no solo sofre influência das condições climáticas locais, do relevo, da drenagem e do tipo de manejo de solo adotado, entre outras variáveis que ditam as taxas de aumento do C orgânico do solo (LAL, 2005; FALLOON et al., 2007; SMITH, 2008).

Com isso é importante que ao se observar as trocas de gases entre o solo e a atmosfera, têm-se uma perda de  $\text{CO}_2$ , que podem ser influenciadas pelas propriedades do solo ou pela cobertura vegetal presente no local (PINTO JÚNIOR et al., 2009). Desta forma existem práticas que fazem com que a quantidade de carbono no solo venha aumentar ou diminuir, essas são conhecidas pelo modo de preparo do solo, e técnicas de rotação de culturas, que podem diretamente facilitar o sequestro de C (BAKER et al., 2007).

A matéria orgânica do solo é caracterizada como fundamental para a proteção mecânica contra os danos causados pela água, na formação e estabilização dos agregados do solo, que por sua vez forma uma condição essencial, juntamente com os poros, na formação da estrutura do solo (BIEGANOWSKI et al., 2013; PAUL, 2014), além de proporcionar aumento da quantidade de C orgânico contido no solo, a qual é essencial para a melhoria da fertilidade, produtividade, processos e propriedades físicas químicas e biológicas do solo, para a biodiversidade subterrânea, filtração e degradação de poluentes (BLANCO-CANQUI, 2017).

#### **4.3. FLUXOS DE CARBONO NOS SOLOS**

O carbono implementado ao solo de forma anual, parte da mortalidade de árvores galhos e raízes. Apenas uma minúscula fração desse carbono é inserido no solo e acaba como matéria orgânica. A quantidade de estudos sobre a entrada de carbono na literatura é bem reduzida e esse é o grande obstáculo para entender a dinâmica de carbono nos solos da região amazônica como ela varia no espaço e tempo. Os fluxos de liteira na superfície variam de 2 a 4  $\text{Mg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , com cerca de 40 – 67% de massa formada por folhas (SELVA et al., 2007).

Em seus estudos Tornquist et al. (2005) falam que para os ecossistemas o desempenho do carbono vai depender do quanto está sendo inserido inicialmente para que seja tido como referência inicial, os quais existiam antes da influência antrópica, a partir disso são verificados os impactos do uso e manejo dos solos. Os estoques originais são também tidos como indicativos da potencialidade de armazenagem de carbono em cada classe e/ou tipo de solo. Em

solos que possuem fertilidade natural de forma elevada, os estoques de C do solo sob a vegetação nativa são constantemente próximo da capacidade máxima daquele solo armazenar C (CHUNG et al., 2008). Em grande parte dos estudos, as citações para perdas de carbono no solo estão baseadas no carbono armazenado em sistemas naturais originais (LAL, 2008; BUSTAMANTE et al., 2006), contudo quando se trata de estimativas de taxas de acumulação de C em solos cultivados, o grau de incertezas tende a aumentar, principalmente porque a capacidade do solo de sequestrar C depende do histórico de uso e manejo e da expansão da perda de C.

A transformação no uso da terra, decorrente de atividades agrícolas podem provocar mudança no comportamento da ciclagem do carbono no solo, estando associada às mudanças no EC do solo (CARVALHO et al., 2010). Através de alguns estudos é possível observar que alguns atributos do solo como densidade pode ser relacionada com o estoque de C, onde os autores afirmam que solos mais arenosos têm tendência em desempenhar maior perda de C (LAL et al., 2007). Fator este que está relacionado pela maior lixiviação, menor agregação de partículas e baixa atividade de argila no solo. Boddey et al. (2004) destacaram que nos solos de textura fina contendo maior concentração de argila, são encontrados os maiores valores de estoques de carbono no solo.

#### **4.4. MATÉRIA ORGÂNICA E RESERVATÓRIO DE CARBONO NO SOLO**

Além da importância que a MO (Matéria orgânica) no ciclo do carbono global apresenta (LAL et al., 2010), dezenas de pesquisas constataram também que, em solos cultivados a MO do solo contribui para a fertilidade do solo, principalmente pelo aumento da disposição de troca de cátions para o incremento da estabilidade de agregados e o aumento do armazenamento de água em solos tropicais (RESCK et al., 2006).

Contudo, em algumas situações, os parâmetros de qualidade do solo, assim como o carbono total podem não ser eficientes discriminadores dos impactos da mudança no uso da terra em curto prazo. Desta forma, a estimativa de reservatórios do C de reciclagem mais rápida constitui-se em alternativa de aumento da sensibilidade nos estudos da MO do solo e aos impactos de diferentes sistemas de manejo, (FERREIRA, 2013).

Os resíduos da vegetação nativa dão origem aos ecossistemas naturais que são fonte de carbono orgânico (CO), enquanto nos agroecossistemas o carbono total pode ser derivado do material orgânico remanescente da vegetação nativa, assim como da decomposição do sistema radicular das culturas agrícolas e adubação orgânica (CARVALHO et al., 2009). Nas florestas tropicais, o cultivo nos solos provoca perdas de mais de 60% de estoques carbono originais em

apenas alguns anos o carbono em ambientes semiáridos pode diminuir em 30% num horizonte temporal de menos de cinco anos quando a vegetação nativa ou pastagens são convertidas em lavouras (ZACH et al., 2006; NOELLEMAYER et al., 2008).

#### **4.5. CARBONO NOS SISTEMAS DE MANEJO E USO DO SOLO**

Lago et al (2012) em seus estudos afirmam que há uma modificação nos atributos do solo, quando ocorre a alteração da vegetação natural para sistemas de exploração. O carbono orgânico total (COT) e carbono da biomassa microbiana no solo, tem sido afetado de forma significativa, através de distintas práticas de manejo (WANG et al., 2011).

A literatura disponibiliza vastas evidências de que o armazenamento de carbono no solo habitua ser maior em sistemas naturais quando comparados a solos cultivados. A grande maioria de armazenamento de C no solo refere-se apenas à remoção de CO<sub>2</sub> da atmosfera e ao armazenamento na forma orgânica. Contudo, os sistemas cultivados, podem agir como fonte ou dreno de CO<sub>2</sub> atmosférico (GUO & GILLFORD, 2002; LAL, 2009)

De acordo com Smith et al., (2008) dependendo das práticas de manejo adotadas e das condições climáticas, em interação com os mecanismos e processos intrínsecos do solo, não há dúvidas que a matéria orgânica do solo é um complexo dinâmico que tem como princípio a produtividade das plantas, a produção de resíduos e decomposição. Este envolve os elementos microbianos e bioquímicos que mudam no tempo e no espaço, dependendo de fatores bióticos e abióticos (SCHNITZER & MONREAL, 2011).

Kaschuk et al. (2011) verificaram em seus estudos que a redução do carbono microbiano está relacionada a qualquer tipo de perturbação, em relação as áreas que estão sob vegetação nativa. Estudando os atributos microbiológicos em solos de floresta ou vegetação nativa, espera-se encontrar valores relativamente maiores quando comparados a solos com outro tipo de uso, já que essa microbiota é favorecida pela cobertura vegetal que propicia maior acúmulo de material orgânico, fornecendo maior fonte de nutrientes para o desenvolvimento da comunidade microbiana (ALVES et al., 2011).

Em decorrência disso observamos o processo da liberação de gases de efeito estufa para a atmosfera, se dá a partir do momento que os solos ficam vulneráveis à degradação através de perdas de carbono e liberam esses gases. Até o final do século XX, a conversão de áreas nativas para terras cultivadas no mundo havia contribuído para a perda de mais de 50 Pg C, numa taxa que pode variar entre 25 e 75% do conteúdo original, dependendo do uso e manejo do solo (LAL, 2010).



Vale enfatizar que pesquisas mostram que existe um limite de saturação e perda de C no solo, e na melhor das hipóteses, alguma perda ou ganho seria válida até o sistema atingir o equilíbrio dos estoques de C do solo em um determinado de tempo, onde os processos de absorção e a emissão podem estar num equilíbrio dinâmico (RESCK, 2000). De forma geral, havendo mudanças no uso do solo, ou no manejo, ou na entrada de resíduos vegetais, espera-se haver uma mudança de estoque de C no solo seja de forma aumentativa ou diminutiva, mas de forma finita (STEWART et al., 2007; HILLEL & ROSENZWEIG, 2010).

#### **4.6 FRAÇÕES LÁBEIS DO CARBONO**

De forma conceitual a matéria orgânica do solo (MOS), de maneira fracionada está disponível para os microrganismos, sendo definido como carbono lábio (CL), onde essa tem um poder de resposta mais rápido quando há alterações as quais foram ocasionadas por tipos de prática do manejo. A emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para a atmosfera está relacionada a mineralização desta fração, sendo um dos fatores da saída do carbono (C) no solo (CONCEIÇÃO, 2010).

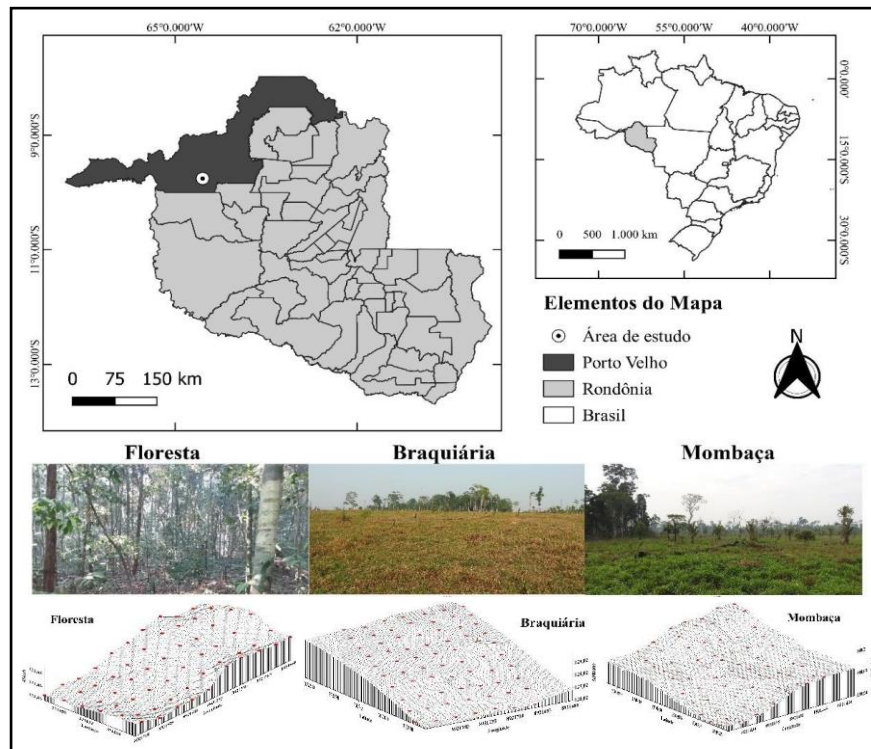
Alterações ocorridas no solo radicalmente tendo como característica edáfica, envolvem práticas decorrentes da implementação de novas culturas. Essas modificações ficam evidentes com maior frequência dependendo do manejo utilizado. Para analisar e explicar como o C se comporta no ambiente, é utilizando o índice de manejo de carbono (IMC), proposto por Blair et al. (1995). Este mede as mudanças provocadas decorrentes do manejo, quando conferidas a situação considerada original. Rossi et al., (2012) em seus estudos, mostra que o IMC procura unificar as características quanti e qualitativas da MOS, levando em consideração sua labilidade, como forma de avaliar o comportamento de determinado sistema.

Para as frações oxidáveis tem-se o índice de compartimento do carbono (ICC); labilidade (L); Índice de Labilidade (IL).

### **5. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **5.1. Localização da área de estudo**

Este estudo foi realizado no município de Porto Velho, Rondônia com as coordenadas geográficas (latitude 9° 45' 32" S e longitude 64° 31' 39" W) (figura 1). No local foram utilizadas três áreas, duas com diferentes usos através de cultivo de braquiária (*Brachiaria brizantha*) e mombaça (*Panicum maximum*) e uma área de floresta nativa, sendo definida como Floresta Ombrófila Aberta (IBGE, 2004).



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo no município de Porto Velho – RO.

## 5.2. Caracterização do ambiente de estudo

O clima da região segundo classificação de Köppen, caracteriza-se como, Clima Tropical Chuvoso e tipo climático Am com chuvas do tipo monção, onde mostra uma estação seca de pequena duração entre os meses de junho e setembro. A umidade relativa se eleva, variando entre 85% e 90% na época chuvosa e entre 60 a 70% na época seca, enquanto a pluviosidade anual varia de 2.500 a 2.800 mm. A temperatura mostra está entre 24 a 26° C anualmente. O relevo local é caracterizado como suave ondulado com altitude variando de 100 a 200 m (ALVARES et al., 2013).

## 5.3 Descrição física e química das áreas estudadas com valores médios

Os solos da região são classificados como Latossolo Amarelo Distrófico típico, apresentando valores positivos para a classe >2mm, DMG, DMP, Pt, com acúmulo considerável de CO, através do predomínio da areia, e com menor valor de DS e RSP nas camadas superficiais. Os solos apresentam boa drenagem e com textura argilosa, o relevo se apresenta como suave ondulado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2018) (Tabela 1).

Os atributos químicos mostram uma maior variabilidade nas áreas de pastagens, induzindo a um trabalho específico para essas áreas (Tabela 2).

**Tabela 1.** Descrição física das áreas Braquiária, Floresta e Mombaça nas profundidades 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m.

Areia	Silte	Argila	Classes de agregados (%)			DMG	DMP	Ug	Pt	MiP	MaP	RSP
			>2 mm	1,0-2,0 mm	<1 mm							
0,00-0,10 m												
Braquiária												
699,53	23,08	268,32	92,43	1,34	6,11	2,79	3,14	0,20	0,43	0,27	0,16	1,73
Floresta												
536,05	52,96	404,12	96,15	1,41	2,57	3,06	3,26	0,26	0,51	0,31	0,20	1,00
Mombaça												
594,29	36,77	355,34	94,99	1,17	3,64	3,01	3,22	0,23	0,46	0,30	0,16	1,72
0,10-0,20 m												
Braquiária												
651,96	30,46	319,80	80,94	5,50	13,61	2,35	2,82	0,19	0,40	0,28	0,12	1,81
Floresta												
472,60	63,00	456,33	84,08	5,13	10,52	2,52	2,93	0,25	0,45	0,35	0,10	1,98
Mombaça												
527,78	44,55	426,04	77,82	7,13	14,12	2,32	2,76	0,22	0,43	0,31	0,12	1,69

**Tabela 2.** Descrição química das áreas Braquiária, Floresta e Mombaça nas profundidades 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m.

pH	Al3+	H+Al	Ca	Mg	K	Na	CTC	V%	m%	P	pH
0,00-0,10 m											
Braquiária											
4,670	0,575	8,313	1,218	0,254	0,067	0,012	9,579	16,155	32,590	4,250	4,670
Floresta											
3,705	1,820	7,745	0,568	0,093	0,093	0,005	8,646	8,832	70,294	5,382	3,705
Mombaça											
4,84	0,77	5,06	0,91	0,41	0,10	0,01	6,64	20,41	34,80	3,37	4,84
0,10-0,20 m											
Braquiária											
5,11	0,81	4,78	0,33	0,05	0,02	0,01	5,51	7,78	65,39	1,90	5,11
Floresta											
3,47	1,92	6,32	0,49	0,04	0,05	0,01	6,90	8,30	76,44	3,44	3,47
Mombaça											
4,37	0,96	4,58	0,39	0,26	0,02	0,00	5,17	12,70	58,94	1,65	4,37

Fonte: LIMA, 2021.

#### 5.4. Metodologia de campo

Foi estabelecida uma malha de 90 m x 50 m com espaçamento regular de 10 m entre os pontos amostrais, dentro de cada área. Os solos foram amostrados nos pontos de cruzamento das malhas, sob as profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, perfazendo um total de 60 pontos amostrais em cada área, totalizando 120 amostras por área e total de 360 amostras.

Para obtenção dos atributos dos solos, foram coletadas em cada área: amostras com estrutura preservada em forma de torrões; anéis volumétricos de 4,0 cm de altura e 5,1 cm de diâmetro interno; e cilindro extrator de 10 cm de altura e 10 cm de diâmetro interno. Após a coleta das amostras de solos foram secas à sombra, destorroadas e passadas em peneiras com

aberta em 2 mm, separando o cascalho e a terra fina seca ao ar (TFSA). A TFSA foi utilizada para a realização das análises físicas e químicas, segundo a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017).

### 5.5. Análises Físicas

O método empregado para a separação e estabilidade dos agregados foi determinado segundo KEMPER & CHEPIL (1965), com modificações nas seguintes classes de diâmetro: 4,76-2,0 mm; 2,0-1,0 mm; 1,0-0,50 mm; 0,50-0,25 mm; 0,25-0,125; 0,125-0,063 mm. Os agregados provenientes da peneira de 4,76mm foram colocados em contato com a água sobre a peneira de 2,0 mm e submetidos à agitação vertical em aparelho Yoder (SOLOTEST) por 15 min e com 32 oscilações por minuto. O material retido em cada classe das peneiras foi colocado em estufa a 105 °C, e em seguida mensurada as respectivas massas em uma balança digital.

Os resultados foram expressos em porcentagem dos agregados retidos em cada uma das classes das peneiras e a estabilidade dos agregados avaliados pelo diâmetro médio ponderado (DMP), obtido pela fórmula proposta por CASTRO FILHO et al. (1998), e o diâmetro médio geométrico (DMG), segundo SCHALLER & STOCKINGER (1953), citados por ALVARENGA et al. (1986), de acordo com as equações:

$$DMP = \frac{\sum_{i=1}^N n_i D_i}{\sum n_i} \quad (1)$$

$$DMG = 10^{\frac{\sum_{i=1}^N n_i \log D_i}{\sum n_i}} \quad (2)$$

Em que  $n_i$  é a porcentagem de agregados retidos em uma determinada peneira,  $D_i$  é o diâmetro médio de uma determinada peneira e  $N$  é o número de classes de peneiras.

A análise granulométrica do solo foi realizada pelo método da pipeta, com solução de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup> como dispersante químico e agitação mecânica utilizando o agitador tipo Wagner, em aparato de rotação lenta por 16 horas a 50 rpm. As areias, grossa e fina, foram separadas por tamisação, a fração argila e silte separadas por sedimentação. (TEIXEIRA et al., 2017).

Para as determinações da densidade do solo (Ds), macroporosidade (MaP) e microporosidade (MiP), volume total de poros (VTP) e umidade gravimétrica (Ug), as amostras coletadas em anéis volumétricos foram saturadas por meio da elevação gradual, até dois terços da altura do anel, de uma lâmina de água numa bandeja plástica. Após a saturação, as amostras

foram pesadas e levadas à mesa de tensão para determinação da MiP do solo, sendo submetidas a uma tensão de -0,006 MPa (TEIXEIRA et al., 2017).

Após atingirem o equilíbrio em um potencial matricial de -0,006 MPa, as amostras foram novamente pesadas e, em seguida, foram feitas as medidas da resistência do solo à penetração (RP), utilizando-se um penetrógrafo eletrônico de bancada (MA-933, Marconi). Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa a 105 °C para a determinação da Ug, Ds e VTP, pelo método do anel volumétrico, já a MaP foi determinada pela diferença entre VTP e MiP (TEIXEIRA et al., 2017).

## 5.6. Análises químicas

O pH foi determinado potenciométricamente utilizando-se relação 1:2,5 de solo: em água e KCl. Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos por KCl; o potássio, sódio e fósforo disponível, foram extraídos por Mehlich<sup>-1</sup>; a acidez potencial (H+Al) foi extraída com solução tamponada a pH 7,0 de acetato de cálcio. Com base nos resultados das análises químicas, foram calculadas as somas de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC potencial e efetiva), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%) (TEIXEIRA et al., 2017).

O carbono orgânico (CO) foi determinado em via úmida pelo método de Walkley-Black, modificado por Yeomans & Bremner (1988).

O estoque de carbono (EC) foi calculado pela equação:

$$EC = (Ds \times h \times COT)/10 \quad (3)$$

em que:

EC = estoque de carbono (t ha<sup>-1</sup>);

Ds = densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>);

h = espessura da camada de solo amostrada (cm);

COT = Carbono orgânico (g kg<sup>-1</sup>).

## 5.7 Fracionamento do carbono orgânico

Para o fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo (MOS) (CAMBARDELLA E ELLIOTT, 1992) foi pesado aproximadamente 20 g de solo e 60mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5g L<sup>-1</sup>), esses foram agitados durante 15 horas em agitador horizontal. A seguir, a suspensão foi passada por peneira de 53µm. O material retido na peneira carbono orgânico particulado (COp) foi seco em estufa a 50°C, quantificado em relação a sua massa, moído em gral de porcelana e analisado em relação ao teor de carbono

orgânico do solo COS (TEIXEIRA et al., 2017). O Carbono orgânico associado aos minerais (COam) foi obtido a partir da diferença entre COS e COp. A partir dos dados de carbono orgânico foram calculadas a labilidade do carbono, o índice de labilidade, índice de compartimento do carbono e por último, o índice de manejo do carbono.

Com base nos valores de COT foi designado um índice de compartimento de carbono (ICC), na seguinte expressão:  $ICC = COT \text{ cultivado} / COT \text{ referência}$ . Com base nas mudanças na proporção de carbono lábil CL (i.e.  $L = CL / CNL$ ) no solo, um Índice de Labilidade (IL) foi determinado como:  $IL = L \text{ cultivado} / L \text{ referência}$ . Estes dois índices foram usados para calcular o Índice de Manejo de Carbono (IMC), obtido pela seguinte expressão:  $IMC = ICC \times IL \times 100$  (BLAIR et al., 1995).

## 5.8. Análise Estatística

Após a determinação dos atributos do solo, os dados foram submetidos às análises estatísticas descritiva, onde foram calculados os valores de média, mediana, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria, coeficiente de curtose, mínimo e máximo dos atributos determinadas em laboratório. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de normalidade segundo Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade, no software estatístico (STATSOFT, 2004). As comparações das médias das variáveis dentro de cada ambiente estudado foram analisadas pelo teste de Tukey a 5 %, utilizando o Programa computacional statistic 7 (STATSOFT, 2004) utilizado para comparar as variáveis na mesma profundidade por se tratar de 3 tratamentos, também foi aplicado o teste t student a 5% de probabilidade para comparar variáveis pares na mesma profundidade onde houveram apenas 2 tratamentos.

Para a análise multivariada, foi realizada análise fatorial dos componentes principais, aos quais foram realizadas a fim de encontrar significância estatística dos conjuntos dos atributos do solo que mais discriminam os ambientes, com relação as diferentes áreas em estudo, obtendo como resposta quais são os ambientes cujos atributos sofrem maior influência pela ação antrópica (REIS, 2001). A adequabilidade da análise fatorial foi feita pela medida de KMO, que avalia as correlações simples e parciais das variáveis, e pelo teste de esfericidade de Bartlett, ao qual se pretendeu-se rejeitar a igualdade entre a matriz correlação com a identidade.

A extração dos fatores foi realizada pela análise de componente principal (ACP), incorporando as variáveis que apresentarem comunalidades igual ou superior a cinco (5,0). A escolha do número de fatores a ser utilizado foi feita pelo critério de Kaiser (fatores que apresentam autovalores superiores a 1,0). A fim de simplificar a análise fatorial, foi feita a

rotação ortogonal (varimax) e representada em um plano fatorial das variáveis e dos escores para os componentes principais.

Nos gráficos de dispersão da ACP após rotação varimax, os escores foram construídos com valores padronizados, de tal forma que a média é zero e a distância entre os escores é medida em termos do desvio padrão. Dessa forma, as variáveis em um mesmo quadrante (1°, 2°, 3° e 4°) e mais próximas no gráfico de dispersão das ACP são mais bem correlacionadas (REIS, 2001). Da mesma forma, escores atribuídos às amostras que se encontram próximos e em um mesmo quadrante, estão relacionadas com as variáveis daquele quadrante (BURAK, 2010).

A análise geoestatística foi feita com base no semivariograma experimental, estimado pela equação:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (4)$$

sendo,  $\hat{\gamma}(h)$  o valor da semivariância para uma distância  $h$ ;  $n(h)$  o número de pares envolvidos no cálculo da semivariância;  $Z(x_i)$  o valor do atributo  $Z$  na posição  $x_i$ ; e  $Z(x_i + h)$  o valor do atributo  $Z$  separado por uma distância  $h$  da posição  $x_i$ .

Para a análise do grau de dependência espacial (GDE) dos atributos em estudo, foi utilizada a classificação de Cambardella et al. (1994), em que as propriedades do solo são consideradas com dependência espacial forte se a razão  $\left[\frac{C_0}{C_0+C_1}\right]$  for menor ou igual a 25%. Se essa razão estiver entre 26 a 75%, a dependência espacial é considerada moderada, enquanto que, se a propriedade do solo for maior que 75% a aproximadamente 95%, classificam-se como dependência espacial fraca.

Os semivariogramas apresentaram padrão de comportamento que podem ser descritos por modelos teóricos. A escolha para o modelo teórico do semivariograma foi realizada pelo menor erro residual (SQR), maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e de máximo coeficiente de correlação ( $r$ ) da validação cruzada. Os modelos utilizados nos ajustes do semivariograma foram o esférico (Eq. 17) e o exponencial (Eq. 18) identificados nas figuras como: Mod. ( $C_0$ ,  $C_1+C_0$ ,  $a$ ,  $R^2$ , VC, GDE):

$$\begin{aligned} \hat{\gamma}(h) &= C_0 + C_1 \left[ \frac{3}{2} \left( \frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right], \text{ se } 0 < h < a \\ &= C_0 + C_1, \quad \text{ se } h \geq a \end{aligned} \quad (5)$$

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 = \left[ 1 - \exp\left(-3\frac{h}{a}\right) \right], 0 < h < d \quad (6)$$

em que, os valores calculados de  $\hat{\gamma}(h)$  são definidos os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma,  $C_0$  é o efeito pepita;  $C_0 + C_1$  é o patamar;  $[(C_0/(C_0 + C_1)) \times 100]$  é o grau de dependência espacial (GDE%);  $a$  representa a distância com que os atributos estão correlacionados, de acordo com uma área com um raio uniforme estimado; e  $d$  é a máxima distância em que o semivariograma foi definido.

O efeito pepita é o valor da semivariância para distância zero e representa o componente da variação ao acaso; o patamar é o valor da semivariância em que a curva estabiliza sobre um valor constante; o alcance é a distância da origem até onde o patamar atinge valores estáveis, expressando a distância além da qual as amostras não são correlacionadas. Os modelos do semivariograma para os atributos a serem estudados foram estimados pelo Software GS+, versão 7.0 (ROBERTSON, 2004). Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, irá se considerar o melhor  $r^2$  (coeficiente de determinação). Na elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis foi utilizado o programa GS+.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Atributos químicos e variáveis do carbono no solo

Os teores de DS, CO, EC, COp, COam, L, IL, ICC e IMC das diferentes áreas de manejo foram testados e comparados em cada profundidade (Tabela 3).

**Tabela 3.** Comparação de médias de variáveis do carbono em área de braquiária, floresta e Mombaça no leste da Amazônia oriental.

DS	CO	EC	COp	COam	L	IL	ICC	IMC
g.cm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>	Mg ha <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>					
0,00-0,10 m								
Braquiária								
1,36A	21,88B	29,05A	6,10A	15,75AB	0,33B	1,03b	0,91a	93,84b
Floresta								
1,18B	24,20A	26,50B	5,31B	17,52A	0,32B	-----	----	----
Mombaça								
1,34A	21,61B	26,84B	6,55A	14,60B	0,41A	1,28a	0,89a	113,92a
0,10-0,20 m								
Braquiária								
1,52A	9,11B	13,84B	2,51B	5,70B	0,49A	2,58a	0,52a	134,16a
Floresta								
1,40A	17,66A	24,72A	4,02A	22,35A	0,19B	-----	-----	
Mombaça								



1,45A	10,78B	15,63AB	2,29B	7,80B	0,23B	1,21b	0,61a	73,81b
-------	--------	---------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

DS: densidade do solo; CO: carbono orgânico; EC.: estoque de carbono; COp: carbono orgânico particulado; COam: carbono orgânico associado aos minerais; L: labilidade; IL: índice de labilidade; ICC: índice de compartimento do carbono; IMC: índice de manejo do carbono. Média com letras maiúsculas diferentes na mesma coluna e profundidade se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna e mesma profundidade se diferem estatisticamente pelo teste t student a 5% de probabilidade.

Para o ambiente de floresta observa-se os menores valores de DS com 1,18 e 1,40 g cm<sup>-3</sup> nas profundidades 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m e CO mostrando valores maiores na área de floresta com 24,20 e 17,66 g kg<sup>-1</sup> nas mesmas profundidades (Tabela 3). Esses valores mostram que a inexistência de práticas hostis em áreas florestais nativas, faz com que haja baixos valores de Ds e teores elevados de CO, isso se deve ao maior depósito de biomassa nestes ecossistemas (ROSSI, 2012). Nas camadas mais superficiais, observou-se valores maiores de EC, 29,05, 26,50 e 26,84 Mg.ha<sup>-1</sup> estando relacionado ao teor de carbono orgânico (CO) (Tabela 3) para braquiária, floresta e Mombaça respectivamente. As taxas de crescimento e decomposição do solo varia de acordo com a substituição da vegetação nativa por cultivos, pela qualidade e quantidade de material vegetal depositado (ZINN et al., 2005). Estudos distintos, porém, utilizando do mesmo princípio, mostram que na Amazônia, a mudança da floresta para áreas de pastagens, ocorrem perdas ou diminuições com o decorrer do tempo nos teores de biomassa no solo quando se utiliza o fogo como um instrumento de manuseio para a condução do manejo, (LONGO et al., 2016), o que mostra os valores de 13,84 e 15,63 Mg.ha<sup>-1</sup> de EC expressos na profundidade 0,10-0,20 m, nas áreas de pastagens.

O carbono orgânico particulado (COp) é apresentado como uma fração relativamente sensível aos tipos de práticas de manejo a curto prazo (CONCEIÇÃO et al., 2005). Avaliando o atributo, foi possível observar que entre as profundidades houve diferença significativa nas áreas (Tabela 3). Na profundidade 0,00-0,10 m observa-se menor valor na área de floresta, o que pode estar relacionado a lixiviação do Carbono Orgânico Particulado (COp) devido ao índice de precipitação da região ser elevado (SILVA NETO et al., 2019). Já no perfil de 0,10-0,20 m o maior valor foi observado na área de floresta 4,02 g kg<sup>-1</sup> devido ao COp se apresentar mais lábil, pode estar mais susceptível a ação como processo de lixiviação que possivelmente proporcionou o deslocamento do COp para camadas inferiores. Fato observado por Assunção (2016) onde notou que excesso de irrigação ocasionava a lixiviação do carbono, o excesso de irrigação pode ser situação análoga ao regime hídrico intenso da Amazônia.

Desta forma, a sensibilidade mostrada através da fração particulada, demonstra que este atributo pode ser usado como um indicador da qualidade do solo para estimativas em sistemas de manejo (ROSSI et al., 2012). O maior aporte de carbono orgânico na fração lábil da matéria

orgânica do solo resultante em determinados sistemas, se dá pelo aporte de resíduos conservado consecutivamente. Sendo assim as características do solo como textura, profundidade, carbono orgânico e condições climáticas da região, são fatores que influenciam nesses resultados (SANTOS, 2017).

Resultados encontrados por Silva et al. (2011) indicaram que independente do sistema de manejo, são encontradas maiores concentrações de carbono na fração mais recalcitrante da matéria orgânica, evidenciando o CO<sub>am</sub>. Para Souza et al. (2009), o acréscimo de carbono no solo dá-se pelo acrescimento de nutrientes no sistema solo-planta, e também se deve ao fato de que, o estoque desta fração é influenciado por condições climáticas propícias à decomposição da MOS. A menor quantidade em relação a camada superficial de carbono orgânico associado aos minerais (CO<sub>am</sub>), é um fator que mostra a pouca interação subsuperficial entre a fração mineral e orgânica do solo (Tabela 1) indicando que de fato esses componentes estão mais expressos na zona de maior interação do carbono no solo, nas camadas mais superficiais do solo (SILVA & MENDONÇA, 2007).

A labilidade do carbono (L) é absolutamente associada à liberação de CO<sub>2</sub> para atmosfera, compostos orgânicos que são mineralizados com mais facilidade em reações catalisadas por enzimas contidas no solo (RANGEL et al., 2008). Desta forma observou-se na profundidade de 0,00-0,10 m, 0,41 g kg<sup>-1</sup> na área de mombaça e 0,49 g kg<sup>-1</sup> na profundidade 0,10-0,20 m para braquiária (Tabela 3). Para Silva & Mendonça, (2007), o maior valor de L presente na superfície da pastagem, pode estar relacionado à maior adição anual e manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo.

Para o índice de labilidade (IL), os valores variaram de 1,03 a 2,58 (Tabela 3), destacando a inferioridade da área Braquiária na camada 0,00-0,10 m, e valor maior em 0,10-0,20 m, sendo distinto das demais áreas estudadas. O aspecto das pastagens cultivadas apresenta condição intermediária para a labilidade que aportam tanto ou mais material orgânico quanto na área de floresta. Para o maior valor do IL, observa-se que há maior disponibilidade de carbono lábil e conseqüentemente, maior proteção física da matéria orgânica e, portanto, um ambiente menos oxidativo (GUARESCHI et al., 2013).

Os valores de índice de compartimento do carbono (ICC) não diferiram entre si quando comparados em profundidades de acordo com o teste t student a 5% de probabilidade (Tabela 3). As perturbações causadas pelo manejo convencional, que reduzem a agregação do solo são fatores que motivam o aumento ou diminuição do teor da ICC (LAL, 2005). De outra forma, para os valores de IMC menores que 100 indicam impacto negativo das práticas de uso e manejo sobre os teores do material orgânico e a qualidade do solo. Observa-se o pior valor do IMC

inferiores a 100, na área de mombaça com 73,81 g kg<sup>-1</sup>. As perturbações induzidas pelo manejo convencional, que diminuem a agregação e a proteção física do solo são fatores que determinam esses valores (LAL, 2005).

## 6.2 Análise Multivariada

Na análise fatorial foi utilizado os atributos químicos e físicos de forma conjunta, onde através da ACP para os atributos físicos (Tabela 4, Figura 2) observa-se nas duas profundidades, os dois componentes. A CP1 demonstra 31,77% e CP2 49,03% responsável pelas propriedades físicas (areia, Silte, argila, >2, 1,0-2,0, <1, DMG, DMP, UG, Pt, MiP, MaP, RSP, DS) na camada 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m. Os valores positivos foram encontrados nos atributos areia, Silte, argila, >2, DMG, DMP, UG, Pt, MaP. Contudo a areia apresentou valor negativo na CP1 0,00-0,10 m. Estudos realizados por Oliveira et al. (2015), mostraram que existem relações positiva entre COT e porosidade, bem como relações inversas em meio aos agregados de maior tamanho com menor tamanho, para diferentes ambientes. Através da PCA também pode se verifica que houve interação forte entre os atributos físicos do solo MaP, MiP e DS nas duas áreas de pastagem, evidenciando o efeito da compactação do solo pelo tráfego de animais na área.

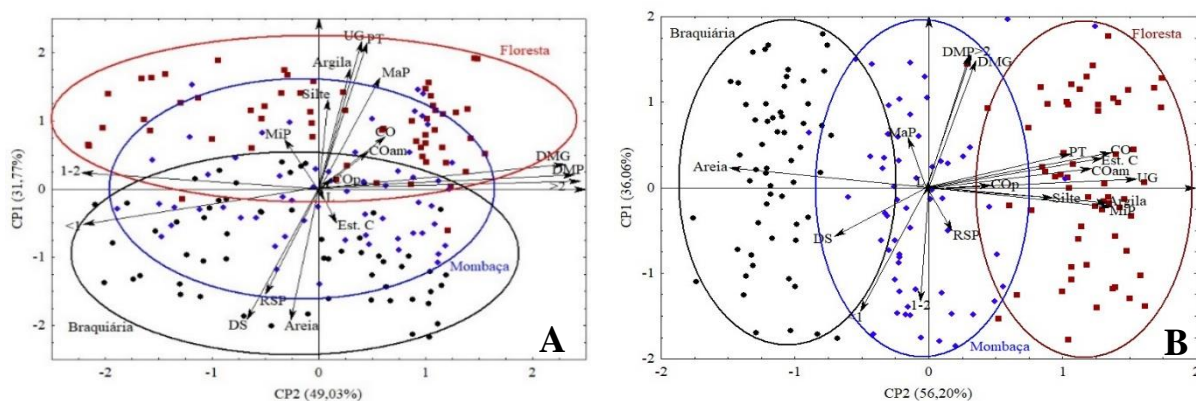
Enquanto para os atributos químicos (pH, Al<sup>3+</sup>, H+Al, Ca, Mg, K, Na, CTC, V%, P, DS, CO, EC, COp, COam, L) nas camadas 0,00-0,10 m os valores da CP1 e CP2 de 31,54 e 46,61%, para a camada 0,10-0,20 m utilizando os mesmos atributos CP1 e CP2 foram de 40,96 e 56,91%, mostrando valores negativos para Al<sup>3+</sup>, H+Al, CTC, COam). No entanto os outros atributos mostraram valores negativos, mostrando que esses atributos com os mesmos sinais positivos se correlacionam diretamente, por outro lado os sinais negativos estão correlacionados inversamente.

A análise fatorial apresentou resultados satisfatórios para as profundidades 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m com KMO maior que 0,8 para as variáveis nas três áreas avaliadas braquiária, floresta e mombaça, mostrando adequação à construção dos Componentes Principais (CPs), que possibilitou reduzir as variáveis originais em dois fatores (Figura 2 e 3). Pode-se observar que nas duas camadas para as áreas de pastagens e floresta, estas diferiram estatisticamente entre elas. De acordo com Zenero et al., (2016) as práticas de manejo como limpeza através da queima do material vegetal, e adição de carbono através das cinzas, há um aumento no valor de elemento como pH.

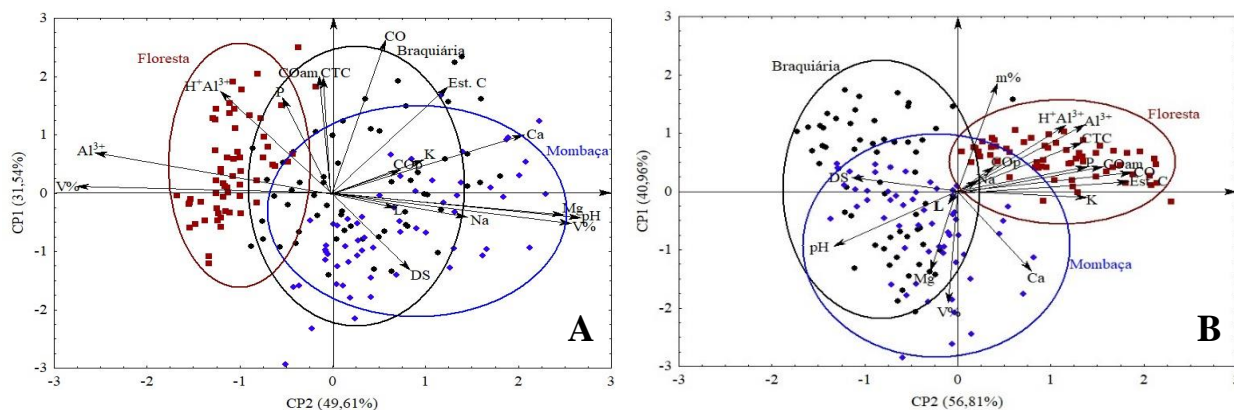
**Tabela 4.** Contribuição dos atributos do solo para a variância da análise de componentes principais em áreas de braquiária, Mombaça e floresta.

Físicos	0,00-0,10 m		0,10-0,20 m		Químicos	0,00-0,10 m		0,10-0,20 m	
	CP1	CP2	CP1	CP2		CP1	CP2	CP1	CP2
Areia	0,10	<b>-0,78</b>	<b>-0,89</b>	0,13	pH	<b>0,91</b>	0,05	<b>-0,65</b>	-0,47
Silte	0,04	0,53	0,57	-0,08	Al <sup>3+</sup>	<b>-0,88</b>	0,04	<b>0,69</b>	0,57
Argila	0,12	<b>0,71</b>	<b>0,81</b>	-0,11	H+Al	-0,52	0,48	0,59	0,57
>2	<b>0,98</b>	0,04	0,20	<b>0,93</b>	Ca	<b>0,61</b>	0,47	0,40	<b>-0,69</b>
1,0-2,0	<b>-0,89</b>	0,10	-0,03	<b>-0,82</b>	Mg	<b>0,85</b>	0,05	-0,14	<b>-0,69</b>
<1	<b>-0,89</b>	-0,20	-0,29	<b>-0,88</b>	K	0,28	0,25	<b>0,70</b>	-0,06
DMG	<b>0,92</b>	0,14	0,19	<b>0,89</b>	Na	0,51	-0,03	0,11	0,10
DMP	<b>0,95</b>	0,09	0,21	<b>0,89</b>	CTC	-0,18	<b>0,64</b>	<b>0,67</b>	0,43
UG	0,17	<b>0,87</b>	<b>0,94</b>	0,04	V%	<b>0,88</b>	0,01	-0,05	<b>-0,95</b>
Pt	0,18	<b>0,86</b>	<b>0,64</b>	0,24	m%	<b>-0,91</b>	-0,16	0,21	<b>0,91</b>
MiP	-0,13	0,29	<b>0,83</b>	-0,14	P	-0,29	0,50	<b>0,69</b>	0,21
MaP	0,23	<b>0,65</b>	-0,09	0,34	DS	0,37	-0,38	-0,56	0,11
RSP	-0,20	<b>-0,62</b>	0,11	-0,32	CO	0,07	<b>0,89</b>	<b>0,94</b>	0,15
DS	-0,27	<b>-0,77</b>	-0,42	-0,35	Est.C	0,28	<b>0,68</b>	<b>0,93</b>	0,16
CO	0,25	0,31	<b>0,82</b>	0,24	COp	0,22	0,18	0,20	0,20
EC	0,07	-0,20	<b>0,82</b>	0,23	COam	-0,18	<b>0,66</b>	<b>0,83</b>	0,21
COp	0,05	0,07	0,28	0,01	L	0,24	-0,04	-0,02	-0,08
COam	0,18	0,22	<b>0,80</b>	0,14	-----	-----	-----	-----	-----
L	0,10	<b>-0,78</b>	<b>-0,89</b>	0,13	-----	-----	-----	-----	-----
Variância explicada	0,04	0,53	0,57	-0,08	Variância explicada	5,36	3,07	5,69	3,96

DMG: diâmetro médio gravimétrico; DMP: diâmetro médio ponderado; UG: unidade gravimétrica; PT: porosidade total; MiP: microporosidade; MaP: macroporosidade; RSP: resistência do solo a penetração; DS: densidade do solo; CO: carbono orgânico; EC: estoque de carbono; COp: carbono orgânico particulado; COam: carbono orgânico associado aos minerais; L: labilidade; CTC: capacidade de troca de cátions; V%: saturação por bases; m%: saturação por alumínio.



**Figura 2.** Análises de componentes principais dos atributos físicos do solo nas camadas de 0,00-0,10, 0,10- 20 m, nas áreas de Braquiária, Mombaça e floresta.



**Figura 3.** Análises de componentes principais dos atributos químicos do solo nas camadas de A=0-10 m, B=0,10- 0,20 m, nas áreas de Braquiária, Mombaça e Floresta.

## 6.2. Análise geoestatística

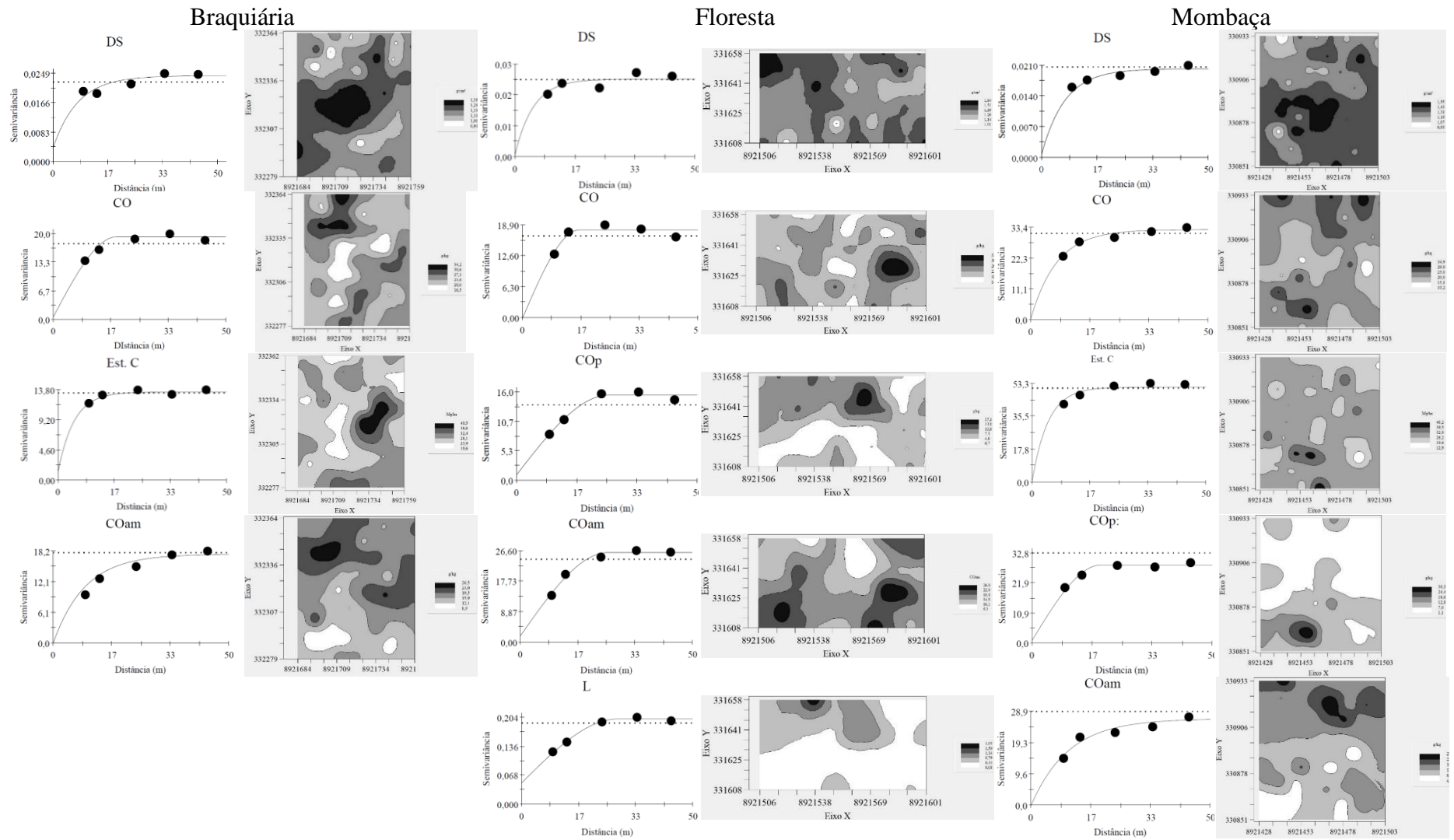
Na tabela 5 e semivariogramas da figura 4, é possível verificar que os modelos que mais se adequaram aos gráficos foram o exponencial e o esférico, esses mostrando um comportamento linear na origem e alcança um patamar  $C_0+C_1$  assintoticamente, bem como, um comportamento linear próximo da origem que representa fenômenos contínuos, respectivamente (CARVALHO et al., 2002). Houve também a presença do ajuste ao modelo linear, que diz respeito a fenômenos heterogêneos, que, conseqüentemente, ocasionou efeito pepita puro no carbono orgânico particulado, no associado aos minerais e na labilidade, ou seja, com ausência total de correlação espacial desses atributos e logo uma variabilidade grande (BERTOLANI e VIEIRA 2001).

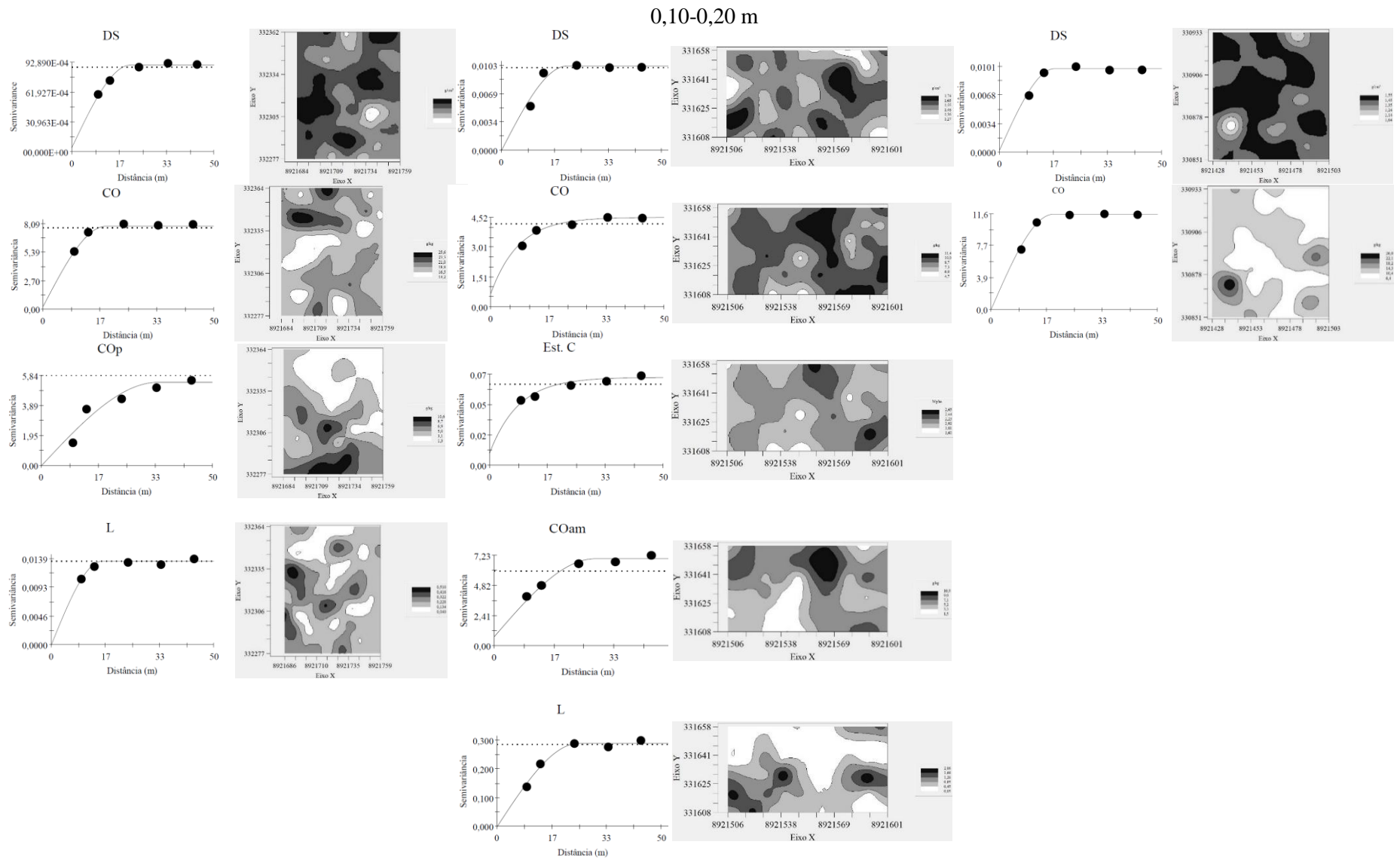
**Tabela 5.** Parâmetros geoestatísticos das variáveis relacionadas ao carbono em área de braquiária, floresta e mombaça.

Parâmetros	0,00-0,10 m						0,10-0,20 m					
	DS	CO	Est. C	COp	COam	L	DS	CO	Est. C	COp	COam	L
<b>Braquiária</b>												
Modelo	Exp.	Esf.	Exp.	Lin	Exp.	Lin	Esf.	Esf.	Esf.	Esf.	Lin	Esf.
C <sub>0</sub>	0,00391	0,70046	1,33	---	0,01	---	0,00053	0,27	0,022	0,001	---	0,00004
C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	0,02432	19,35062	13,44826	---	17,56671	---	0,009	7,86693	0,08285	5,39511	---	0,01354
a (m)	7,50	18,40	4,70	---	9,00	---	20,60	18,40	18,32	34,00	---	15,60
r <sup>2</sup>	0,754	0,921	0,866	---	0,972	---	0,981	0,995	0,864	0,890	---	0,917
VC	0,829	0,806	0,789	---	0,824	---	0,869	0,916	0,957	0,911	---	0,759
GDE (%)	16,08	3,62	9,90	EPP	0,05	EPP	5,88	3,43	26,82	0,01	EPP	0,31
<b>Floresta</b>												
Modelo	Exp.	Esf.	Esf.	Esf.	Esf.	Esf.	Esf.	Exp.	Exp.	Lin	Esf.	Esf.
C <sub>0</sub>	0,0009	0,01	1,59	1,12	1,99	0,0511	0,00001	0,69933	0,0095	---	0,7589	0,0001
C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	0,02515	17,85	24,496	15,440	26,01	0,2002	0,01022	4,51633	0,0677	---	6,959	0,2902
a (m)	5,12	16,20	14,30	25,50	25,40	28,00	20,40	7,99	8,30	---	28,02	24,80
r <sup>2</sup>	0,760	0,837	0,817	0,973	0,979	0,992	0,914	0,959	0,921	---	0,978	0,974
VC	0,755	0,752	0,758	0,922	0,799	0,801	0,788	0,897	0,902	---	0,921	0,855
GDE (%)	3,57	0,05	6,49	7,25	7,65	25,52	0,09	15,48	14,03	EPP	10,90	0,03
<b>Mombaça</b>												
Modelo	Exp.	Exp.	Exp.	Esf.	Exp.	Lin	Esf.	Esf.	Lin	Lin	Lin	Lin
C <sub>0</sub>	0,00073	0,60046	0,70887	1,1487	0,010	---	0,0003	0,01	---	---	---	---
C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	0,02017	32,61	51,17263	28,50	26,62873	---	0,0099	11,53	---	---	---	---
a (m)	7,00	7,32	4,61	19,05	10,40	---	17,00	18,65	---	---	---	---
r <sup>2</sup>	0,871	0,945	0,963	0,958	0,911	---	0,983	0,994	---	---	---	---
VC	0,859	0,902	0,811	0,899	0,781	---	0,752	0,752	---	---	---	---
GDE (%)	3,62	1,84	1,37	4,03	0,05	EPP	3,03	0,09	EPP	EPP	EPP	EPP

DS: densidade do solo; CO: carbono orgânico; Est. C: estoque de carbono; COp: carbono orgânico particulado; COam: carbono orgânico associado aos minerais; L: labilidade; CTC: capacidade de troca de cátions; V%: saturação por bases; m%: saturação por alumínio; Exp.: exponencial; Esf.: esférico; EPP: efeito pepita puro; C<sub>0</sub>: efeito pepita; C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>: patamar; a: alcance; VC: validação cruzada; GDE%: grau de dependência espacial.

0,00-0,10 m  
Floresta





**Figura 4.** Semivariogramas e mapas de krigagem (2D) das variáveis de carbono em área de braquiária, floresta e Mombaça.



Com relação ao coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e a validação cruzada, nos casos em que não foram diagnosticados com efeito pepita puro (EPP), os mesmos ficaram acima de 0,75, mostrando uma confiabilidade de dados maior que 75%, esses valores quanto mais próximos a 1 ou 100% são ótimos, pois vai influenciar diretamente no melhor desempenho dos valores da krigagem (WANDERLEY et al., 2013). Valores maiores que os encontrados no estudo de Soares et al. (2018), avaliando dentre outros atributos, o carbono orgânico e o estoque de carbono em área de pastagens em uso no sul da amazônica ocidental.

O alcance (a) representa distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente (SILVIANO et al., 1998), na análise dos atributos do solo a mesma irá aferir a respeito da variabilidade espacial (GREGO e VIEIRA, 2005). Foi possível verificar que a área de floresta teve os maiores alcances e a mombaça os menores, configurando uma maior variabilidade na área de mombaça e maior homogeneidade na variabilidade espacial na área de floresta.

Em comparação entre os estudos de Soares et al. (2018) e Novais Filho et al. (2015) que trabalharam com carbono em área de pastagem e floresta, respectivamente, na Amazônia, tiveram resultados semelhantes, onde a área de floresta tem um alcance maior, isso porque a floresta em si, trata-se de um ambiente natural em equilíbrio (HUGUCHI et al., 2004). Se tratando da Amazônia, a mesma possui vegetação adensada o que garante uma distribuição uniforme de material vegetal que irá gerar o carbono do solo e suas frações (SILVA et al., 2007), associados, também, as condições de relevo mais plano da área, em relação as áreas de braquiárias e mombaça (GALVÃO et al., 2005).

Enfim, o grau de dependência espacial pode ser medido e classificado de acordo com a métrica de Cambardella et al. (1994), onde quando o GDE% for menor que 25 significa dependência espacial forte, índice entre 25 e 75% caracterizam dependência espacial moderada e valores maiores que 75% indica dependência espacial fraca. Com exceção dos atributos que apresentam EPP, em sua maioria foram classificadas em grau de dependência forte, sendo a área de floresta com os maiores valores seguidas pela área de braquiária e por último a mombaça, ou seja, pode inferir que a dinâmica da distribuição e do comportamento dos atributos está mais fortemente relacionada ao espaço ou local, e, se tratando de manejo, no caso a pastagem (ARAÚJO et al., 2011), comprovado pelo padrão distinto de distribuição dos atributos (Figura 4 – krigagem) nas áreas de pastagem comparando com área de floresta e semelhante quando comparado nas áreas de pastagens .

Comparando as krigagens da densidade e estoque de carbono com medida para avaliar os impactos nos compartimentos de carbono, pode-se verificar um aumento da densidade e um aumento acentuado dos estoques de carbono, notável na tabela de média e comprovado na krigagem, comprovando que o manejo das pastagens aumenta a estocagem de carbono no solo, outros estudos com pastagens evidenciaram isso como os de Cano e Villanueva (2013) e Cardoso et al. (2010).

## 7. CONCLUSÕES

A geoestatística comprovou que a substituição da área de floresta para área de manejo associada ao relevo ocasionou modificações na dinâmica da distribuição e comportamento das variáveis de carbono do solo.

Para os ambientes que foram estudados observa-se que a braquiária não teve tanta diferenciação em relação a área de floresta, sendo menos influenciável em comparação a pastagem de Mombaça.

Os valores de CO<sub>p</sub> foram maiores na área de floresta, ao contrário das demais áreas, aumentou em profundidade. O CO<sub>am</sub> foi fração com maior dependência do CO nas áreas, de forma acompanhar significativamente as oscilações do CO.

O valor de P é observado com maior quantidade na área de floresta por ter sua caracterização ácida nessa região. A variabilidade alta nas áreas de pastagens e menor na área de floresta evidencia o efeito negativo do uso sobre o solo.

A maior variabilidade espacial dos atributos químicos é possível observar na área de Mombaça, devido ao pastejo de forma intensificada e o grande índice de precipitação e fluxo dos nutrientes.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, C. R. M. **Fatores que influenciam a erodibilidade nos solos do município de Campos dos Goytacazes-RJ sob uma análise multicritério** / Clarissa Regina Masiero Ahmed. Campos dos Goytacazes, 2009.

ALVARENGA, R. C.; FERNANDES, B.; SILVA, T. C. A.; RESENDE, M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palha do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 10, n. 2, p.273-277, 1986.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. &

SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, 711–728, 2013.

ALVES, T. S.; CAMPOS, L.L.; ELIAS - NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M.F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, n. 33, p. 341-347, 2011.

AMUNDSON, R.; BERHE, A. A.; HOPMANS, J. W.; OLSON, C. **Soil and Human Security in the 21st century**, 2015.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. Wallingford: CAB International. p. 171, 1989.

AQUINO, R. E.; CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, I. A.; MANTOVANELLI, B. C.; SOARES, M. D. R. Geoestatística na avaliação dos atributos físicos em Latossolo sob floresta nativa e pastagem na Região de Manicoré, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 397-406, 2014.

AQUINO, R. E.; CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, I. A.; MANTOVANELLI, B. C.; SOARES, M. D. R. Geoestatística na avaliação dos atributos físicos em latossolo sob floresta nativa e pastagem na Região de Manicoré, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 397-406, 2014.

ARAGÃO, D. V. D.; CARVALHO, C. J. R. D.; KATO, O. R.; ARAÚJO, C. M. D.; SANTOS, M. T. P. D.; & MOURÃO JÚNIOR, M. **Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense**. *Acta amazônica*, v. 42, n. 1, p. 11-18, 2012.

ARAÚJO, E. A. D., KER, J. C., MENDONÇA, E. D. S., SILVA, I. R. D., OLIVEIRA, E. K. Impacto da conversão floresta-pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta amazônica**, v. 41, p. 103-114, 2011.

ASSUNÇÃO, S. A. **Efeitos nas frações da matéria orgânica do solo pela aplicação de N-fertilizante em cana crua com deposição da palhada**. 58 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

BAKER, J. M.; OCHSNER, T. E.; VENTEREA, R. T.; GRIFFIS, T. J. Tillage and soil carbon sequestration-what do we really know? **Agriculture, Ecosystems and Environmental**, v. 118, p.1–5, 2007.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24. p. 657-668, 2000.

BERTOLANI, F. C., & VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial da taxa de infiltração de água e da espessura do horizonte A, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 987-995, 2011.

BERTONI, J. E LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 5.ed. São Paulo. 355p, 2005.

BIEGANOWSKI, A., WITKOWSKA-WALCZAK, B., GLIŃSKI, J., SOKOŁOWSKA, Z., SŁAWIŃSKI, C., BRZEZIŃSKA, M., WŁODARCZYK, T., Data base of Polish arable mineral soils: a review. **Internationa Agrophysics**, v. 27, p. 335–350, 2013.

BLANCO-CANQUI, C. A. H. Does organic farming accumulate carbon in deeper soil profiles in the. **Geoderma**, v. 288, p. 213-221, 2017.

BLAIR, G.J., LEFROY, R.D.B. e LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and development of a carbon management index for agricultural systems. **Aust. J. Agric. Res.**, n. 46, p.1459-1466, 1995.

BODDEY, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. S. **Sequestro de carbono em solos sob sistemas agropecuários produtivos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, Boletim técnico. p. 4, 2004.

BORGES, C. S.; RIBEIRO, B. T.; WENDLING, B.; CABRAL, D. A. **Agregação do solo, carbono orgânico e emissão de CO<sub>2</sub> em áreas sob diferentes usos no Cerrado, região do Triângulo Mineiro**. *Revista Ambiente & Água*, v. 10, n. 3, p. 660-675, 2015.

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, p. 78, 2012.

BURAK, D. Modelagem Matemática sob um olhar de Educação Matemática e suas implicações para a construção do conhecimento matemático em sala de aula. **Modelagem na Educação Matemática**, v.1, n.1, p.10-27, 2010.

BUSTAMANTE, M. M. C.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; ROSCOE, R. **Soil carbon storage and sequestration potential in the Cerrado Region of Brazil**. In: LAL, R.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, E. (Eds.), *Carbon Sequestration in Soils of Latin America*. The Haworth Press, Binghamton, p. 285–299, 2006.

CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R; NASCIMENTO, M. F; SILVA, D. M. P. Estoque de carbono no solo e agregados em Cambissolo sob diferentes manejos no sul do Amazonas. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 2, p.339-348, 2016.

CANO, R. M. Y., & VILLANUEVA, M. C. Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos. **Scientia Agropecuaria**, v. 4, n. 4, p. 313-319, 2013.

CARDOSO, E. L., SILVA, M. L. N., SILVA, C. A., CURI, N., & FREITAS, D. A. F. D. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 45, n. 9, p. 1028-1035, 2010.

CARVALHO J. L. N.; CERRI C. E. P.; FEIGL B. J.; PICOLLO M. C.; GODINHO V. P.; CERRI C. C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. **Soil and Tillage Research**, v.103, n. 2, p. 342-349. 2009.

CARVALHO, J. L. N. et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 277-289, 2010.

CARVALHO, J. R. P. D., SILVEIRA, P. M. D., VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1151-1159, 2002.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico em um Latossolo Roxo Distrófico, em função

de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 3, p.527-538, 1998.

CERRI, C. E. P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W. E.; MELILLO, J. M.; CERRI, C. C. Tropical Agriculture and global warming impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, v. 64, n.1, p. 83-89, 2007.

CHUNG, H; GROVE, J.H.; SIX, J. **Indications for soil carbono saturation in a temperate agroecosystem.** **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.72, p.1132-1139, 2008.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos correlacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n. 5, p.777-788, 2005.

CONCEIÇÃO, A.M.S.B. **Estoque de carbono e qualidade do solo em cambissolo do semiárido Baiano.** Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Dissertação (Mestrado), p. 59, 2010.

COSTA JUNIOR, C.; PÍCCOLO, M. D. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P. B. D.; CERRI, C. C.; & BERNOUX, M. **Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma Cerrado.** **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 4, p. 1311-1322, 2012.

COUTINHO FILHO, J. L. V.; PERES, R. M.; JUSTO, C. L. Produção de carne de bovinos contemporâneos, machos e fêmeas, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2043-2049, 2006.

COX, P. M., R. A. BETTS, C. D. JONES, S. A. Spall, and I. J. Totterdell, Acceleration of global warming due to carbon cycle feedbacks in a coupled climate model, **Nature**, 408, p. 184-187, 2000.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 4.ed. revisada e ampliada. Brasília, p. 353, 2018.

FALLOON, P.; JONES, C.D.; CERRI, C.E.; AL-ADAMAT, R.; KAMONI, P.; BHATTACHARYYA, T.; EASTER, M.; PAUSTIAN, K.; KILLIAN, K.; COLEMAN, K. & MILNE, E. Climate change and its impact on soil and vegetation carbon storage in Kenya, Jordan, India and Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environmental**, v. 122, n. 1, p. 114-124, 2007.

FERREIRA, E. A. **Dinâmica de longo prazo do carbono do solo em sistema de manejo no cerrado.** Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós Graduação em Ecologia, (Tese de doutorado) p.235, 2013.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, p. 570-574, 2005.

- FRIEDLINGSTEIN P.; COX P, BETTS R, et al. Climatecarbon cycle feedback analysis: Results from the (CMIP)-M-4 model intercomparison. **Journal of Climate**, n. 19, p. 3337-3353, 2006.
- GALINDO, I. C. L.; MARGOLIS, E. Tolerância de perdas por erosão para solos do estado  
 GALVÃO, S. R. D. S., SALCEDO, I. H., SANTOS, A. C. D. Frações de carbono e nitrogênio em função da textura, do relevo e do uso do solo na microbacia do agreste em Vaca Brava (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 955-962, 2005.
- GREGO, C. R., VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 169-177, 2005.
- GUARESCHI, R.F; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Oxidizable carbono fractions in Red Latosol under different management systems. **Revista de Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n.2, p. 242-250, 2013.
- GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. D. O. Degradação dos solos no Brasil. **Revista Bertrand Brasil**. Rio de Janeiro. p22, 2014.
- GUO, L. B.; GIFFORD, R. M. **Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. Global Change Biology**, v. 8, n. 4, p. 345-360, 2002.
- HICKMANN, C.; COSTA, L. M. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p.1055–1061, 2012.
- HIGUCHI, N., CHAMBERS, J., DOS SANTOS, J., RIBEIRO, R. J., PINTO, A. C. M., DA SILVA, R. P., TRIBUZY, E. S. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. **Floresta**, v. 34, n. 3, p, 34-47, 2004.
- HILLEL, D.; ROSENZWEIG, C. *The role of soils in climate change. In HILLEL, D. and ROSENZWEIG, C. (Eds.). Handbook of Climate Change and Agroecosystems: Impacts, 196 Adaptation, and Mitigation. ICP Series on Climate Change Impacts, Adaptation, and Mitigation. Imperial College Press, v. 1, p. 9-20, 2010.*
- HUMBERTO BLANCO-CANQUI, C. A. Does organic farming accumulate carbon in deeper soil profiles in the. **Geoderma**, v. 288, p. 213-221, 2017.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate change 2001: The scientific basis**. Cambridge, Cambridge University Press, 881p, 2001.
- JOHNSON, L. C. Soil loss tolerance: Fact or myth? **Journal Soil Water Conserv.**, v. 42, p. 155-160, 1987.
- KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. **Plant Soil**, n. 338, p. 467–481, 2011.
- KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. **Size distribution of aggregates. Methods of Soil Analysis**. Part 1. Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling, n. methods of soilana, p. 499-510, 1965.

- LAGO, W. N. M.; LACERDA, M. P. C.; NEUMANN, M. R. B. Indicadores de qualidade dos solos na microbacia do Ribeirão Extrema, Distrito Federal: Parte II. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, n. 16, p. 721–729, 2012.
- LAL, R. Carbon sequestration. **Phil. Trans. R. Soc. B.**, v. 363, p. 815-830, 2008.
- LAL, R. Enhancing eco-efficiency in agroecosystems through soil carbon sequestration. **Crop Science** v. 1, p. 30–40, 2010.
- LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **Forest ecology and management**, v. 220, n. 1-3, p. 242-258, 2005.
- LAL, R. Sequestering atmospheric carbon dioxide. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 28 p. 90-96, 2009.
- LEPSCH, I. F. **formação e conservação dos solos**. São Paulo oficina de texto p.177, 2002.
- LIMA, C. C.; PARTELI, L.F., LOOSE, C. E. O empreendedorismo rural e a agroindústria familiar na gestão da atividade agropecuária em Rondônia. **Revista de administração e contabilidade-RAC (CNEC)**, v. 14, n. 27, p. 97-134, 2015.
- LISBÔA, F. M., DONAGEMMA, G. K., BURAK, D. L., PASSOS, R. R., MENDONÇA, E. D. S. Indicadores de qualidade de Latossolo relacionados à degradação de pastagens. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1184-1193, 2016.
- LONGO, M. et al. Aboveground biomass variability across intact and degraded forests in the Brazilian Amazon. **Global Biogeochemical Cycles**, v.30, p.1639-1660, 2016.
- LOPES, R. B.; MIOLA, D. T. B. Sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do cerrado. **SYNTHESIS Revista Digital FAPAM**, v. 2, n. 2, p. 127-143, 2010.
- LYBRAND, R. A.; RASMUSSEN, C. Climate, topography, and dust influences on the mineral and geochemical evolution of granitic soil in southern Arizona. **Geoderma**, v. 314, p. 245–261, 2018.
- MACHADO, P. L. D. A. **Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global**. Química Nova, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.
- MAGALHÃES, I. A. L.; NERY, C. V. M.; ZANETTI, S. S.; PENA, F. E. R.; AVELINO, R. C.; SANTOS, A. R. Uso de Geotecnologias para estimativa de perda de solo e identificação das áreas susceptíveis a erosão laminar sub-bacia hidrográfica do Rio Vieira, Município de Montes Claros-MG. **Cadernos de Geociências**, v. 9, n. 2, 2012.
- MAGANHOTTO, R. F.; LOHMANN, M.; SOUZA, L. C. P.; SANTOS, L. J. C. Os Índices de Representação do Relevo como Suporte para o Zoneamento Ambiental de Unidades de Conservação – Estudo de Caso da Floresta Nacional de Irati. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 20 n.3, p. 168-181, 2016.
- MAIA, M. A. M. **Geodiversidade do estado do Amazonas**. Org. Maria Adelaide Mansini Maia e José Luiz Marmos. Manaus: CPRM, p. 73-77, 2010.
- MARTINS FILHO, M. V.; LICCIOTTI, T. T.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SANCHEZ, R. B. **Perdas de solo e nutrientes por erosão num argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 8-18, 2009.

- MATIAS, S. S.; CORREIA, M. A.; CAMARGO, L. A.; DE FARIAS, M. T.; CENTURION, J. F.; & NÓBREGA, J. C. **Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 7, n. 3, p. 414-420, 2012.
- MOLINE, E. F. V. COUTINHO, E. L. M. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivo. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 1, p. 14-20, 2015.
- NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. **Total carbon, organic carbon and organic matter.** In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R., eds. Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Part 2. Madison, Soil Science Society of America, p.539-579, 1982.
- NOELLEMEYER, E.; FRANK, F.; ALVAREZ, C.; MORAZZO, G.; QUIROGA, A. Carbon contents and aggregation related to soil physical and biological properties under a land-use sequence in the semiarid region of central Argentina. **Soil & Tillage Research**, v.99, p. 179–190, 2008.
- NOVAES FILHO, J. P., SELVA, E. C., COUTO, E. G., LEHMANN, J., JOHNSON, M. S., RIHA, S. J. Distribuição espacial de carbono em solo sob floresta primária na Amazônia Meridional. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 83-92, 2007.
- NUNES, M. S. **Processos erosivos: fatores causadores, consequências ambientais e formas de manejo.** CEFET –MG. 2016.
- OLIVEIRA, I. A. D.; CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JUNIOR, J.; AQUINO, R. E. D.; TEIXEIRA, D. D. B.; & SILVA, D. M. P. D. Use of scaled semivariograms in the planning sample of soil chemical properties in Southern Amazonas, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 31-39, 2015.
- OLIVEIRA, T. P.; ENSINAS, S. C.; BARBOSA, G. F.; NANZER, M. C.; BARRETA, P. G. V.; SILVA, M. F. G.; PRADO, E. A. F. **Carbono lábil e frações oxidáveis de carbono em solos cultivados sob diferentes formas de uso e manejo.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v. 8, n. 4, p. 777-783, 2018.
- PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. **Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do Distrito Federal.** Revista Árvore, v. 35, n. 3, p. 527-538, 2011.
- PAUL, E.A. Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry. 4th ed. Academic Press. Poepplau, C.; Don, A.; 2013. Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to diferente land-use changes across Europe. *Geoderma*, v. 192, p. 189–201, 2014.
- PETSCH, C.; MONTEIRO, J. B. Estimativa de perda de solo na bacia do córrego Arapuça PINHEIRO, H.; DE CASTRO, J. P. M.; & AZEVEDO, J. C. **Alterações na paisagem e sequestro de carbono na freguesia de Deilão, nordeste de Portugal.** Revista Árvore, v. 38, n.1, p. 41-52, 2014.
- PINTO-JUNIOR, O. B.; SANCHES, L.; DALMOLIN, A. C.; NOGUEIRA, J. S. D. Efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em floresta de transição Amazônia Cerrado e em área de pastagem. **Acta amazônica**, v. 39, n. 4, p. 813-821, 2009.



- PRIMIERY, S.; MUNIZ, A. W.; & LISBOA, H. D. M. Dinâmica do carbono no solo em ecossistemas nativos e plantações florestais em Santa Catarina. **Revista Floresta e Ambiente**, n. 24, p. 1-9, 2017.
- RAMOS, D. P.; REGO FILHO, L. M. **Pedologia e interpretação para o manejo e a conservação do solo e da água**, 2008.
- RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T.J. et al. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 2, p. 429-437, 2008.
- RASSE, D. P.; RUMPEL, C.; DIGNAC, M. F. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 269, n. 1, p. 341-356, 2005.
- REIS, E. **Estatística Multivariada Aplicada**. 2ª ed. Edições Sílabo: Lisboa, 2001.
- RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. da.; LOPES, A. S.; COSTA, L. M. da. **Management systems in Northern South América**. In: PETERSON, G.A.; UNGER, P.W.; PAYNE, W.A. (Eds.). *Dryland Agriculture, Agronomy Monograph*. n. 23, 2006.
- RESCK, D. V. S.; VASCONCELLOS, C. A.; VILELA, L.; MACEDO, M. C. M. Impact of conversion of Brazilian Cerrado to cropland and pastureland on soil carbon pool and dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART B.A. (Eds.). **Global climate change and tropical ecosystems**. 2000.
- RESENDE, T. M.; ROSOLEN, V.; BERNOUX, M.; BRITO, J. L. S.; BORGES, E. N.; ALMEIDA, F. P. Atributos físicos e carbono orgânico em solo sob Cerrado convertido para pastagem e sistema misto. **Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 3, p. 501-513, 2015.
- ROBERTSON, G. P. **GS+: Geostatistics for the environmental sciences - GS+ User's Guide**. Plainwell: Gamma Design Software, 152 p, 2004.
- ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 622-630, 2011.
- ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 38-46, 2012.
- ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M. & POLIDORO, J. C. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em Latossolo Vermelho sob plantio de soja no cerrado goiano. *Rev. Bras. Ciênc. Agrár. Recife*, v.7, n.2, p.233-241, 2012.
- SALVIANO, A. A. C., VIEIRA, S. R., & SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, p. 115-122, 1998.
- SANTOS, F. A. S. et al. Dinâmica do carbono orgânico de solos sob pastagens em campos de murundus. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 2, p. 43-53, 2017.
- SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; VALE JR, J. R.; SOUZA, K. W.; CORRÊIA, G. R.; MENDONÇA, B. A. F.; AMARAL, E. F.; CAMPOS, M. C. C. &

RUIVO, M. L. P. **Pedologia - Solos dos Biomas Brasileiros**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2017.

SCHALLER, F. W. AND STOCKINGER, K. R. 1953. A comparison of hve methods for expressing aggregation data. **Soil Science Society of America**. v. 17, p. 310-313.

SCHARRÓN, C. E. R; SÁNCHEZ, Y. F. Efeitos de parcelas, fazendas e bacias hidrográficas do cultivo de café na produção de escoamento e sedimentos no oeste de Porto Rico. **Journal of Environmental Management**, v. 202, n. 1, p. 126-136, 2017.

SELVA, E. C., E. G. COUTO, M. S. JOHNSON, and J. Lehmann, Litterfall production and fluvial export in headwater catchments of the southern Amazon, **Journal Tropical Ecology**, n. 23, p. 329 -335, 2007.

SILVA NETO, E. C. D.; PEREIRA, M. G.; FRADE JUNIOR, E. F.; SILVA, S. B. D.; CARVALHO JUNIOR, J. A. D.; & SANTOS, J. C. D. Temporal evaluation of soil chemical attributes after slash-and-burn agriculture in the Western Brazilian Amazon. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, e 42609, 2019.

SILVA, C. J. D., SANCHES, L., BLEICH, M. E., LOBO, F. D. A., & NOGUEIRA, J. D. S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de transição Amazônia-Cerrado do centro-oeste brasileiro. **Acta Amazonica**, v. 37, p. 543-548, 2007.

SILVA, E. F.; LOURENTES, E. P. R.; MARCHETTI, M. E. et al. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1321-1331, 2011.

SILVA, F. S. F.; FERREIRA, V. C.; CATTER, K. M.; VIANA, A. P. Q.; DE MENDONÇA, K. V.; DE SOUSA, O. V.; FERNANDES VIEIRA, R. H. **Produção de biossurfactantes por cepas bacterianas de origem marinha utilizando querosene como fonte de carbono**. Revista de Ciências Ambientais, v. 11, n. 1, p. 7-18, 2017.

SILVA, I. R. & MENDONÇA, E. S. Matéria Orgânica do Solo. Coord. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Editores. Fertilidade do Solo - **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, p. 1017, 2007.

SILVA, R. G. C. **A regionalização do agronegócio da soja em Rondônia**. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), v. 18, n. 2, p. 298–312, 2014.

SILVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R.; SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e *Crotalaria juncea* L. em áreas severamente erodidas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.1, p.115-22, 1998.

SMITH, P.; MARTINO, D.; CAI, Z.; GWARY, D.; JANZEN, H. H.; KUMAR, P.; McCARL, B.; OGLE, S.; O'MARA, F.; RICE, C.; SCHOLLES, R. J.; SIROTENKO, O.; HOWDEN, M.; McALLISTER, T.; PAN, G.; ROMANENKOV, V.; SCHNEIDER, U.; TOWPRAYOON, S.; WATTENBACH, M.; SMITH, J. U. Greenhouse gas mitigation in agriculture. Phil. Transactions of Royal Society., **B Biol Sci.**, v. 363, n. 1492, p. 789-813, 2008.

SOARES, M. D. R., CAMPOS, M. C. C., CUNHA, J. M. D., SOUZA, Z. M. D., OLIVEIRA, I. A. D., AQUINO, R. E. D., OLIVEIRA, L. S. Variabilidade espacial do estoque de carbono

e atributos físicos do solo em terra preta arqueológica sob pastagem. **Revista Ambiente & Água**, v.13, n. 6, p. 1-13, 2018.

SOUZA, F. G. D.; CAMPOS, M. C. C.; PINHEIRO, E. N.; LIMA, A. F. L. D.; BRITO FILHO, E. G. D.; CUNHA, J. M. D.; & BRITO, W. B. M. Aggregate stability and carbon stocks in Forest conversion to different cropping systems in Southern Amazonas, Brazil. **Carbon Management**, v. 11, n. 1, p. 81-96, 2020.

SOUZA, H. A. D.; MARCELO, A. V.; & CENTURION, J. F. Carbono orgânico e agregação de um Latossolo Vermelho com colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agrônômica**, v.43, n. 4, p. 658-663, 2012.

SOUZA, J. L.; PREZOTTI, L. C.; & GUARÇONI, M. Potencial de sequestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa. **Idesia (Arica)**, v. 30, n. 1, p. 7-15. 2012.

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

STEWART, C. E.; PAUSTIAN, K.; CONANT, R. T.; PLANTE, A. F.; SIX, J. Soil carbon saturation: Concept, evidence and evaluation. **Biogeochemistry**, 2007.

SWIFT, R. S. **Organic matter characterization**. Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods, n. methodsofsoilan3, p. 1011-1069, 1996.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. revista e atualizada. EMBRAPA, Brasília. p. 573, 2017.

TORNQUIST, C. G. et al. **Estoques Originais de Carbono Orgânico em Solos do Planalto do Rio Grande do Sul**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Viçosa. Anais...Viçosaq: SBCS-UFV, 30, 2005.

VALE, P. M.; ANDRADE, D. C. Comer carne e salvar a Amazônia? A produtividade da pecuária em Rondônia e sua relação com o desmatamento. **Estudos Sociedade e Agricultura**. v. 20, n. 2, p. 381-408, 2012.

VALTERA, M.; SAMONIL, P.; SVOBODA, M.; JANDA, P. Effects of topography and forest stand dynamics on soil morphology in three natural Picea abies mountain forests. **Plant Soil**, v. 392, p. 57–69, 2015.

WANDERLEY, H. S., DE AMORIM, R. F. C., CARVALHO, F. O. Interpolação espacial da precipitação no Estado de Alagoas utilizando técnicas geoestatística. **Campo Digital**, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2013.

WANG, Y.; TU, C.; CHENG, L.; LI, C.; GENTRY, L.F.; HOYT, G.D.; ZHANG, X.; HU, S. Long-term impact of farming practices on soil 92 organic carbon and nitrogen pools and microbial biomass and activity. **Soil & Tillage Research**, n. 117, p. 8-16, 2011.

ZACH, A.; TIESSEN, H.; NOELLEMAYER, E. Carbon turnover and <sup>13</sup>C natural abundance under land-use change in the semiarid La Pampa, Argentina. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, p. 1541-1546, 2006.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; PEREIRA, J. M. A. Variabilidade espacial de nutrientes em Latossolo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 5, p. 389-400, 2010.

ZENERO, M. D. O.; SILVA, L. F. S. D.; CASTILHO, S. C. D. P.; VIDAL, A.; GRIMALDI, M.; COOPER, M. Characterization and classification of soils under forest and pasture in an agroextractivist project in Eastern Amazonia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-17, 2016.

ZINN, Y.L.; LAL, R.; RESCK, D.V.S. Texture and organic carbon relations described by a profile pedotransfer function for Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, v.127, p. 168-173, 2005.