

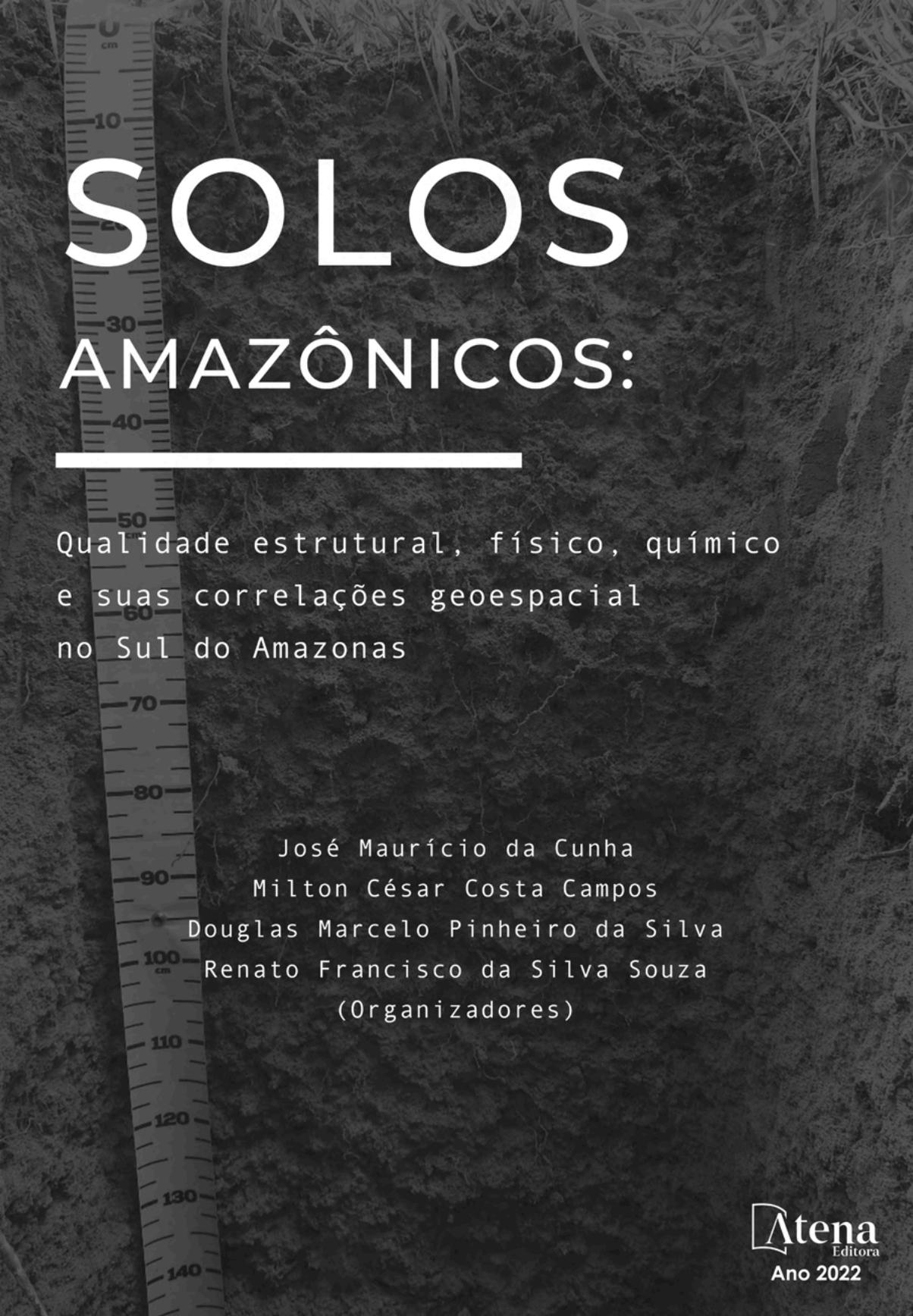


# SOLOS AMAZÔNICOS:

---

Qualidade estrutural, físico, químico  
e suas correlações geoespacial  
no Sul do Amazonas

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



# SOLOS AMAZÔNICOS:

---

Qualidade estrutural, físico, químico  
e suas correlações geoespacial  
no Sul do Amazonas

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

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

José Maurício da Cunha

Milton César Costa Campos

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

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

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

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



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



# Solos Amazônicos: atributos físicos, químicos, erodibilidade e suscetibilidade magnética

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

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S689 Solos Amazônicos: atributos físicos, químicos, erodibilidade e suscetibilidade magnética / Organizadores José Maurício da Cunha, Milton César Costa Campos, Douglas Marcelo Pinheiro da Silva, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Outro organizador  
Renato Francisco da Silva Souza

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-258-0247-3  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.473221905>

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

CDD 333.75130981

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

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



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



## APRESENTAÇÃO

Os estudos sobre solos da Amazônia, especialmente no Sul-sudeste do Amazonas iniciaram-se com a criação do Grupo de Pesquisa “Solos e Ambiente Amazônico” em 2009 com a implantação do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas em Humaitá, naquela ocasião conseguiu-se congrega um pequeno grupo de estudantes e professores com trabalhos voltados para estudar as relações entre Solos e Ambiente.

O grupo Solos e Ambiente Amazônico foi crescendo e se consolidando à medida que os Projetos foram sendo aprovados (FAPEAM e CNPq), aqui destaca-se que o projeto intitulado “Impactos no solo da conversão floresta-uso agropecuário na região Sul do Amazonas” aprovado junto ao Edital - FAPESP/FAPEAM em 2009, possibilitou a criação de infraestrutura necessária a pesquisa. Em 2013 duas Dissertações de Mestrado foram defendidas junto ao Programa de Pós-graduação em Agronomia Tropical, a saber: i) Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos em Cambissolo e Argissolo na região de Humaitá, AM (Leandro Coutinho Alho); ii) Atributos do solo e emissão de CO<sub>2</sub> em uma área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau na região de Apuí, AM (Douglas Marcelo Pinheiro da Silva) com total suporte da infraestrutura adquirida.

Os projetos de pesquisa aprovados auxiliaram/auxiliam o Grupo de Pesquisa a prover de equipamentos o Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas e o Laboratório de Fitotecnia, o que possibilitou a realização de diversas análises vinculados a Projetos de Iniciação Científica, Trabalhos de Conclusão de Curso de Graduação, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado favorecendo a geração de conhecimento e formação de recursos humanos altamente qualificadas no interior da Amazônia. Além disso, o grupo de pesquisa também realizou Eventos Científicos e de Popularização da Ciência e publicação de Livros.

Atualmente o grupo de pesquisa coordena diversos Projetos de Pesquisa e de Popularização da Ciência, bem como orientação de trabalhos em nível de Graduação e Mestrado. Dessa forma é possível apresentar esta **Coletânea de Trabalhos em Solos e Ambiente Amazônico** oriundo de várias Dissertações de Mestrado e Tese de Doutorado. Além disso, foi possível fazer parcerias e trazer para este material iniciativas em outras regiões e instituições para colaborar com este trabalho.

O material apresentado está relacionado a duas áreas da Ciência do Solo, a primeira referente aos estudos de Solo no Tempo e no Espaço e a segunda relacionada a Processos e Propriedades do Solo. Importante destacar que no primeiro caso há investigações nos diferentes tipos de material de origem, relevo e suas influencias nos distintos tipos de solos existentes na Amazônia. E no segundo caso estudou-se as interferências das mudanças da

cobertura vegetal (usos e manejos) nos atributos físicos e químicos do solo.

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) que apoiou a realização do **III Simpósio de Ciência do Solo da Amazônia Ocidental**, sendo possível apresentar o material intitulado: **"Solos Amazônicos: atributos físicos, químicos, erodibilidade e suscetibilidade magnética"**.

Milton César Costa Campos.

José Maurício do Lencó

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL ERODIBILITY IN PASTURES AND FOREST AREAS IN THE MUNICIPALITY OF PORTO VELHO, RONDÔNIA

Lucivânia Izidoro da Silva  
Milton César Costa Campos  
Wildson Benedito Mendes Brito  
José Maurício da Cunha  
Alan Ferreira Leite de Lima  
Abdul Luís Hassane

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219051>

### **CAPÍTULO 2..... 31**

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS SOB AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS NA REGIÃO DE HUMAITÁ-AM

Half Weinberg Corrêa Jordão  
Milton César Costa Campos  
José César Frozzi  
Bruno Campos Mantovanelli  
José Maurício da Cunha  
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219052>

### **CAPÍTULO 3..... 69**

SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA DE ARGISSOLOS SOB FLORESTA E CULTIVADOS NO SUL DO AMAZONAS

Wildson Benedito Mendes Brito  
Milton César Costa Campos  
Fernando Gomes de Souza  
Alan Ferreira Leite de Lima  
Thalita Silva Martins  
José Maurício da Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219053>

### **CAPÍTULO 4..... 102**

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ÁREAS SOB CONVERSÃO FLORESTA/PASTAGEM NO NORTE DE RONDÔNIA, BRASIL

Alan Ferreira Leite de Lima  
Milton César Costa Campos  
Bruna Firmino Enck  
Wener da Silva Simões  
Raquel Manhuary de Araújo  
José Maurício da Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219054>

**CAPÍTULO 5..... 142**

**INFLUÊNCIA DO MANEJO E RELEVO NOS ATRIBUTOS DO SOLO E ACÚMULO DE BIOMASSA EM ÁREAS CONVERTIDAS EM PASTAGENS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Alan Ferreira Leite de Lima  
Milton César Costa Campos  
Thalita Silva Martins  
Wildson Benedito de Mendes Brito  
Lucivânia Izidoro da Silva  
Erika Micheilla Brasil de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219055>

**CAPÍTULO 6..... 164**

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO SOB CONVERSÃO DE FLORESTA AMAZÔNICA PARA DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NO SUL DO AMAZONAS, BRASIL**

Fernando Gomes de Souza  
Milton César Costa Campos  
José Maurício da Cunha  
Elilson Gomes de Brito Filho  
Elyenayra Nogueira Pinheiro  
Wildson Benedito de Mendes Brito  
Alan Ferreira Leite de Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219056>

**CAPÍTULO 7..... 188**

**ESTABILIDADE DE AGREGADOS E ESTOQUE DE CARBONO SOB CONVERSÃO DE FLORESTA PARA DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NO SUL DO AMAZONAS, BRASIL**

Fernando Gomes de Souza  
Milton César Costa Campos  
José Maurício da Cunha  
Thalita Silva Martins  
Alan Ferreira Leite de Lima  
Wildson Benedito de Mendes Brito

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4732219057>

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 213**

## ESTABILIDADE DE AGREGADOS E ESTOQUE DE CARBONO SOB CONVERSÃO DE FLORESTA PARA DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NO SUL DO AMAZONAS, BRASIL

*Data de aceite: 01/04/2022*

*Data de submissão: 03/03/2022*

### **Fernando Gomes de Souza**

Doutor em Agronomia Tropical - Universidade Federal de Roraima

### **Milton César Costa Campos**

Doutor em Ciência do Solo – Universidade Federal da Paraíba

### **José Maurício da Cunha**

Doutor em Física Ambiental - Universidade Federal do Amazonas

### **Thalita Silva Martins**

Graduada em Agronomia - Universidade Federal do Amazonas

### **Alan Ferreira Leite de Lima**

Mestre em Agronomia Tropical – Universidade Federal do Amazonas

### **Wildson Benedito de Mendes Brito**

Mestre em Agronomia Tropical - Universidade Federal do Amazonas

**RESUMO:** Ao longo dos anos o processo de conversão de ecossistemas naturais em áreas cultivadas, assim como sistemas de uso e manejo dos solos tem proporcionado alterações na estabilidade de agregados e nos teores de estoques de carbono dos solos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a estabilidade de agregados e estoque de carbono em áreas sob conversão de floresta para diferentes

sistemas de cultivo, utilizando técnicas de estatística tradicional univariada, multivariada e geoestatística. Foram estabelecidas malhas de acordo com as dimensões do cultivo, nas áreas de floresta e guaraná estabeleceu-se malhas de 90 x 70 m e espaçamento regular entre os pontos amostrais de 10 x 10 m, na área de urucum a malha estabelecida foi de 90 x 56 m e espaçamento de 10 x 8 m, já para área de cupuaçu a malha apresentou dimensões de 54 x 42 m, com espaçamento entre os pontos amostrais de 6 x 6 m. Após delimitadas as malhas foram coletadas amostras nos pontos de cruzamento das malhas, nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,10; e 0,10-0,20 m, com 80 pontos amostrais em cada área, e totalizando 240 amostras por área. Em cada ponto amostral, coletou-se amostras com estrutura preservada em forma de torrão para determinação da estabilidade dos agregados, textura do solo e carbono orgânico, perfazendo um total de 960 amostras nas quatro áreas avaliadas. O processo de conversão influenciou o estado de agregação do solo, avaliado pelo aumento da dispersão da fração argila e diminuição dos valores DMP, DMG e classes de agregados > 2,00 mm; Os atributos avaliados nas respectivas áreas estudadas se mostraram nos limites do grau de dependência espacial, apresentando dependência variando entre moderada a forte; Na análise multivariada, as áreas de floresta e cupuaçu apresentaram comportamentos semelhantes, com valores de CO, EC, silte, argila e classes de agregados 2 – 1 mm, < 1mm e IEA, acima da média.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ecossistemas naturais, agregação do solo, sistemas de uso e manejo.

## AGGREGATE STABILITY AND CARBON STOCK UNDER FOREST CONVERSION TO DIFFERENT CULTIVATION SYSTEMS IN SOUTHERN AMAZONAS, BRAZIL

**ABSTRACT:** In recent years, the process of converting natural ecosystems into cultivated areas, as well as land use and management systems soil, has provided changes in the stability of aggregates and soil carbon stock. The present work aimed to evaluate the stability of aggregates and carbon stock in areas under forest conversion for different cropping systems, using traditional univariate, multivariate and geostatistical statistical techniques. Were established meshes according to the dimensions of cultivation, in the areas of forest and guaraná were established meshes of 90 x 70 m and regular spacing between the sample points of 10 x 10 m, in the area of annatto the established mesh was of 90 x 56 m and spacing of 10 x 8 m, already for area of cupuaçu the mesh had dimensions of 54 x 42 m, with spacing between the sample points of 6 x 6 m. After delimiting the meshes samples were collected at the crossing points of the meshes, at depths of 0.00-0.05; 0.05-0.10; and 0.10-0.20 m, with 80 sampling points in each area, and totaling 240 samples per area. At each sample point, samples were collected with preserved structure in the form of clod to determine the stability of the aggregates, soil texture and organic carbon, making a total of 960 samples in the four areas evaluated. The conversion process influenced soil aggregation, evaluated by increasing clay fraction dispersion and decrease in values DMP, DMG and aggregate classes > 2.00 mm; The attributes evaluated in the respective areas studied were within the limits of the degree of spatial dependence, presenting dependence ranging from moderate to strong; In the multivariate analysis, the forest and cupuaçu areas presented similar behavior, with values of CO, EC, silt, clay and classes of aggregates 2 - 1 mm, <1mm and IEA, above average.

**KEYWORDS:** Natural ecosystems, soil aggregation, systems of use and management.

### 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente a ocupação e substituição de áreas antes florestadas por áreas agrícolas sem o devido conhecimento e a inobservância de critérios técnicos, tem sido um dos principais problemas na região amazônica. Neste sentido, a conversão de ambientes naturais em sistemas agropecuários, especialmente sistemas de monocultivo, tem provocado alterações no solo (SILVA et al., 2007; FREITAS et al., 2015).

Dentre as propriedades do solo que mais sofrem alterações pelo uso e manejo, está a estrutura, associado a formação de camadas compactadas com a diminuição de macroporos, tamanho de agregados, taxa de infiltração de água e aumento da resistência à penetração do sistema radicular e densidade (HOU et al., 2012; SOUZA et al., 2014; COSTA et al., 2015). Estudos também tem demonstrado 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; CUNHA et al., 2017). De modo que, o cultivo intensivo, aliado à alta taxa de revolvimento, é responsável pela redução do conteúdo de matéria orgânica do solo, que é um dos principais agentes de formação e estabilização dos agregados (CASTRO FILHO

et al., 1998).

A quantificação das alterações na estabilidade de agregados do solo pode fornecer resultados que propiciem uma produção agrícola com bases mais sustentáveis. Para que haja otimização de produtividade de culturas é necessária atenção e manutenção do bom estado de agregação, estabilidade e, conseqüentemente, boa estrutura (OLIVEIRA et al., 2013). Diante do exposto, a estabilidade de agregados, como atributo físico, torna-se fundamental na avaliação da qualidade estrutural, visto que a mesma é sensível a variações no uso do solo, podendo identificar possíveis alterações promovidas pela conversão da floresta em áreas agrícolas.

Para a interpretação das variações nos atributos físicos dos solos é necessário a utilização dos métodos estatísticos. Os métodos univariados apresentam limitações, já que o comportamento dos atributos é interpretado isoladamente, não levando em conta interação com os demais atributos presentes (SILVA et al., 2010). Neste sentido, através da técnica de análise multivariada é possível explicar o máximo de intercorrelação entre as variáveis, e descobrir quais delas contribuem mais para a caracterização e/ou, alteração do solo. Auxiliando na tomada de decisão para o emprego do manejo adequado, tendo como base o comportamento dos atributos do solo, e indicando quais atributos sofrem maior alteração com a ação antrópica (OLIVEIRA et al., 2015).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a estabilidade de agregados e estoque de carbono em áreas sob conversão de floresta para diferentes sistemas de cultivo, utilizando técnicas de estatística tradicional univariada, multivariada e geoestatística.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido em duas propriedades rurais que fazem parte do Assentamento São Francisco localizado no município de Canutama, Amazonas, Brasil sob as coordenadas geográficas de referência (8° 13' 23" S; 64° 00' 50" W) e (8° 13' 25" S; 64° 00' 23" W), para ambas as propriedades. Foram selecionadas quatro áreas, sendo três áreas sob diferentes cultivos: Urucum (*Bixa orellana* L.), Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng) Schum), Guaraná (*Paullinia cupana* (Mart.) Ducke) e mais área de floresta (Figura 1).

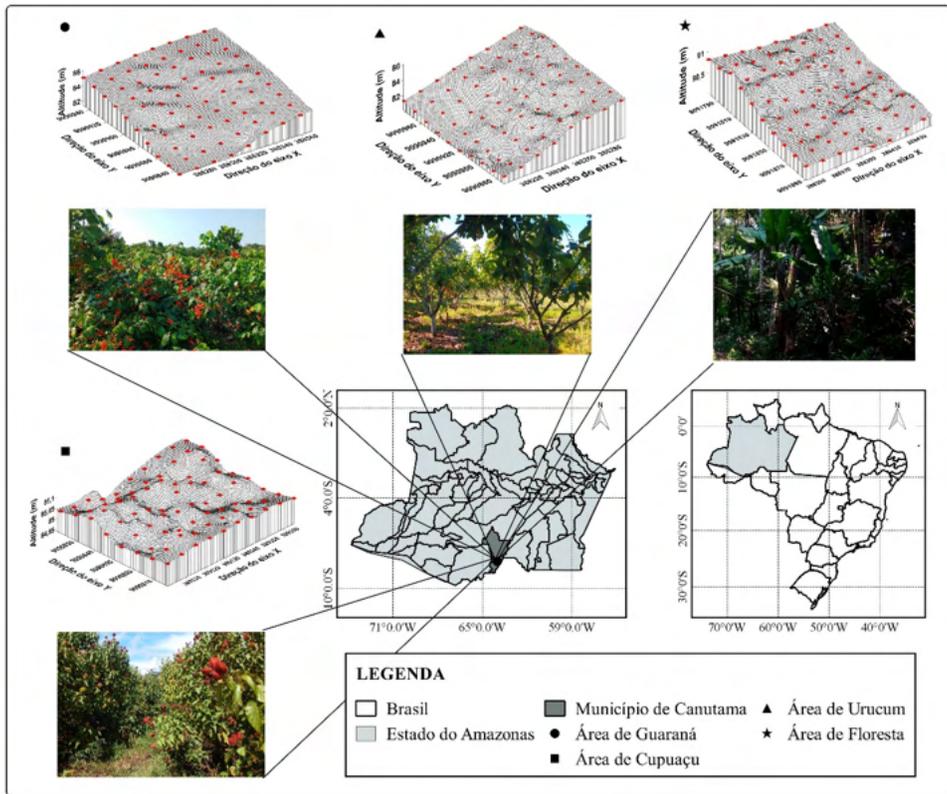


Figura 1. Localização e modelo de elevação digital das áreas com guaraná, cupuaçu, urucum e floresta, no município de Canutama, região sul do Amazonas - AM.

O solo da área de estudo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo localizados na Planície Amazônica entre os rios Purus e Madeira, a mesma está associada a sedimentos aluviais recentes e antigos, do período Quaternário, caracterizadas pela presença de relevos tabulares de grandes dimensões, definidos por talwegues de aprofundamento muito fraco, isto é, o relevo apresenta declives muito suaves, e a drenagem natural é deficiente (EMBRAPA, 2013). No que se refere à caracterização climática, o clima da região é Tropical Chuvoso, apresentando um período seco de pequena duração. A pluviosidade média parcial varia entre 2250 e 2750 mm ao ano, com período chuvoso entre outubro e junho. As temperaturas médias anuais variam entre 25 e 27° C e a umidade relativa do ar entre 85 e 90% (BRASIL, 1978).

Foram selecionadas quatro áreas com diferentes sistemas de usos tradicionais nesta região da Amazônia (Figura 1), a saber:

**a) Guaraná e urucum:** área cultivada com guaraná há 7 anos e urucum a cerca de 3 anos, ambas áreas apresentam declividade média em torno de 3%. As respectivas áreas são oriundas de derrubada e queima da floresta, com consequente realização

de destoca manual para limpeza da área no primeiro ano de cultivo, sem realizar adubação e calagem durante todo o período de cultivo. Para controle das plantas daninhas nas áreas é utilizado roçadeira motorizada e pulverização com herbicidas glifosato para controle do sapé (*Imperata brasiliensis*).

**b) Cupuaçu:** área cultivada há 7 anos, no processo de conversão floresta/cultivo de cupuaçu realizou derrubada e queima da floresta para limpeza da área no primeiro ano de cultivo, sem realizar adubação e calagem durante todo o período de cultivo, porém há acumulação de biomassa da cultura em grande quantidade. Para controle das plantas daninhas somente é utilizado roçadeira motorizada.

**d) Floresta:** Floresta tropical Ombrófila densa, cujo a vegetação é perenifólia caracterizada pela presença de fanerófitos (plantas cujas gemas de renovação se encontram a mais de 25 cm do solo), além de ser constituída por árvores adensadas e multiestratificadas entre 20 a 50 metros de altura.

## 2.2 Metodologia de campo

Foram estabelecidas malhas de acordo com as dimensões do cultivo. Nas áreas de guaraná e floresta foram estabelecidas malhas 90 x 70 m com espaçamento regular entre os pontos amostrais de 10 x 10 m, na área de urucum a malha estabelecida foi de 90 x 56 m com espaçamento entre os pontos amostrais de 10 x 8 m, já para área de cupuaçu a malha apresentou dimensões de 54 x 42 m, com espaçamento regular entre os pontos amostrais de 6 x 6 m. As amostras foram coletadas nos pontos de cruzamento das malhas, nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,10; e 0,10-0,20 m, com 80 pontos amostrais em cada área, e totalizando 240 amostras por área. Os pontos foram georreferenciados com um equipamento de GPS Garmin modelo Etrex (*Datum South American'69*).

Em cada ponto amostral, foram coletadas amostras com estrutura preservada em forma de torrão nas três camadas avaliadas para determinação da estabilidade dos agregados, granulometria do solo e carbono orgânico, perfazendo um total de 960 amostras nas quatro áreas avaliadas. As amostras foram secas à sombra e levemente destorroadas, de forma manual, passado as mesmas em peneira de 9,51 mm de diâmetro de malha, separando-se o material retido na peneira de 4,76 mm para as análises relativas à estabilidade de agregados. Já as amostras retidas na peneira de 2,00 mm foram utilizadas para análises de textura do solo e carbono orgânico.

## 2.3 Determinações e análises em laboratório

A determinação da estabilidade dos agregados do solo foi realizada pelo método de peneiramento úmido. 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 4,76 mm foram colocados em contato

com a água sobre a peneira de 2,0 mm e submetidos à agitação vertical em aparelho Yoder (SOLOTEST, Bela Vista, São Paulo, Brasil) por 15 min e com 32 oscilações por minuto. O material retido em cada classe das peneiras foi colocado em estufa a 105 °C, em seguida mensurada as respectivas massas em balança digital. Os resultados foram expressos em porcentagem dos agregados retidos em cada uma das classes das peneiras para > 2 mm, 2-1 mm e < 1 mm, e posteriormente foram calculados os valores de diâmetro médio ponderado (DMP) e índice de estabilidade de agregados (IEA) da classe < 0,25 mm, ambos através da fórmula proposta por CASTRO FILHO et al. (1998), o diâmetro médio geométrico (DMG) foi calculado 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.

$$IEA = \left( \frac{MS-wp0,25-areia}{MS-areia} \right) 100 \quad (3)$$

em que:

MS – massa seca da amostra, g;e; wp0,25 – massa dos agregados da classe < 0,25 mm, g.

A análise textural foi realizada pelo método da pipeta, utilizando solução de NaOH 0,1 N como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de alta rotação por 15 min, seguindo metodologia proposta pela EMBRAPA (2011). A fração argila foi separada por sedimentação, a areia por tamisação e o silte foi calculado pela diferença.

O carbono orgânico (CO) foi determinado pelo método de Walkley-Black, modificado por YEOMANS & BREMNER (1988). Já o estoque de carbono (EC) foi definido pela equação:

$$EC = D_s \times h \times CO \quad (4)$$

em que:

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

D<sub>s</sub> = densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>);

h é a espessura da camada de solo amostrada (cm);

CO = teor de CO (%).

Para complementação dos trabalhos realizou-se a análise da argila dispersa em água (ADA) para determinação do grau de floculação (GF) e grau de dispersão (GD), conforme EMBRAPA (2011).

## 2.4 Análises estatísticas

Após a determinação dos atributos físicos relacionados com a estabilidade de agregados e carbono orgânico, foram realizadas análises estatística descritiva onde foram calculados a média e o coeficiente de variação. De modo que o coeficiente de variação (CV%) foi avaliado conforme classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), que classifica variáveis do solo como:  $CV < 12\%$ ,  $12 < CV < 60\%$ , e  $CV > 60\%$  para baixa, média e alta variabilidade, respectivamente.

Posteriormente foram feitas análise estatística univariada e multivariada. A análise de variância univariada (ANOVA) foi utilizada para verificar se existe diferença entre as áreas estudadas, para saber qual área é diferente da outra e comparar as médias dos atributos, utilizando o teste de Tukey a 5 % de probabilidade, por meio do software SPSS 21 (SPSS Inc., 2001). Em seguida foi utilizada a análise de variância multivariada (MANOVA), através da análise fatorial, a fim de encontrar significância estatística dos conjuntos dos atributos do solo que mais discriminam os ambientes, com referência ao ambiente sob floresta, obtendo como resposta atributos que sofrem maior influência sobre o uso do solo.

A adequação da análise fatorial foi feita pela medida de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que avalia as correlações simples e parciais das variáveis, e pelo teste de esfericidade de Barlett, ao qual se pretende rejeitar a igualdade entre a matriz correlação com a identidade. A extração dos fatores foi feita pelas componentes principais, incorporando as variáveis que apresentaram comunalidades igual ou superior a cinco. A escolha do número de fatores a ser utilizados foi feita pelo critério de Kaiser (fatores que apresentam autovalores superior a 1). A fim de simplificar a análise fatorial, foi feita a rotação ortogonal (*Varimax*) dos fatores e representada em um plano fatorial das duas componentes.

A análise geostatística foi realizada com base no semivariograma experimental, estimado pela equação:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (5)$$

em que:

$\hat{\gamma}(h)$  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  $x_i$ .

O ajuste dos semivariogramas foram feitos com base no melhor coeficiente de

determinação ( $R^2$ ) e validação cruzada (VC), estimados pelo Software GS+ 7.0 (GAMMA DESIGN, 2004). Para a análise do grau de dependência espacial (GDE) dos atributos em estudo, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), em que as propriedades do solo são consideradas com dependência espacial forte se a razão do efeito pepita ( $C_0$ ) em relação ao patamar ( $C_0+C_1$ ) for menor que 25%. Se a 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.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva, assim como análise de variância para os atributos avaliados em áreas cultivadas com guaraná, urucum e cupuaçu em comparação com a área de floresta estão apresentadas nas tabelas 1, 2 e 3, para as respectivas profundidades 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m. Observou-se que a maioria dos atributos apresentam valores positivos de curtose, com exceção da área de cupuaçu na profundidades 0,00-0,05 m e guaraná, cupuaçu e floresta na profundidades 0,10-0,20 m. Os coeficientes de assimetria dos atributos avaliados apresentaram valores próximos à zero. Quanto aos resultados referentes ao teste Kolmogorov-Smirnov os mesmos indicaram normalidade para todos os atributos avaliados em todas as profundidades estudadas.

O CO, EC, DMG, DMP, IEA, frações granulométricas e as classes de agregados exibiram valores de média e mediana muito próximos, para todos os atributos e em suas respectivas profundidades, o que justifica as distribuições normais. A única exceção se deu para os atributos de GF e GD nas profundidades 0,00-0,05 m e 0,05-0,10 m, respectivamente na área cultivada com urucum (Tabela 2 e 3). Apesar dos atributos GF e GD apresentarem valores de média e mediana não muito próximos, os mesmos apresentaram distribuição normal.

Com base nos resultados apresentados nas tabelas 1, 2 e 3, quando analisados os resultados de CO e EC foi possível observar que houve diferenças significativas entre todas as áreas analisadas, com maiores valores encontrados na área sob cultivo de cupuaçu nas profundidades 0,00-0,05 m e 0,05-0,10 m, com exceção da profundidade de 0,10-0,20 m, a qual a área de floresta apresentou maior valor. No geral observou-se diminuição do CO e EC em profundidade, com exceção apenas para os teores de EC nas áreas de floresta e guaraná na profundidade de 0,10-0,20 m.

Estatística Descritiva	CO	EC	DMG	DMP	Classes %			IEA	GF	GD	Areia	Silte	Argila
	g kg <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	----- mm -----		>2,00	2,0-1,0	<1,00	----- % -----			----- g kg <sup>-1</sup> -----		
Guaraná													
Média	14,04 <b>d</b>	7,99 <b>b</b>	2,79 <b>a</b>	3,19 <b>a</b>	94,38 <b>a</b>	0,82 <b>bc</b>	4,80 <b>b</b>	93,92 <b>b</b>	78,93 <b>a</b>	21,07 <b>a</b>	390,03 <b>a</b>	392,99 <b>c</b>	216,98 <b>a</b>
Mediana	14,04	7,99	2,81	3,19	94,53	0,82	4,63	94,54	80,28	19,72	389,92	391,99	216,00
DP	2,94	1,82	0,24	0,07	3,21	0,40	1,71	3,09	8,41	8,41	47,98	40,63	32,04
CV (%)	20,93	22,83	8,74	2,12	3,42	48,69	35,72	3,29	10,66	39,93	12,30	10,36	14,87
Assimetria	-0,03	0,21	-1,30	-0,56	-1,43	0,76	0,57	-1,64	-1,08	1,08	0,08	0,22	-0,45
Curtose	-0,60	-0,65	2,32	0,09	2,63	0,46	0,06	3,90	1,71	1,71	-0,53	-0,30	-0,05
K-S	0,09*	0,07*	0,11*	0,11*	0,12*	0,15*	0,13*	0,12*	0,16*	0,16*	0,06*	0,09*	0,13*
Urucum													
Média	16,52 <b>c</b>	8,79 <b>b</b>	2,76 <b>a</b>	3,18 <b>a</b>	94,77 <b>a</b>	0,70 <b>c</b>	4,53 <b>b</b>	92,87 <b>b</b>	76,60 <b>ab</b>	23,40 <b>a</b>	378,10 <b>a</b>	445,29 <b>b</b>	176,61 <b>b</b>
Mediana	16,36	8,57	2,80	3,20	94,64	0,70	4,53	93,71	60,73	39,27	375,10	442,29	175,61
DP	3,28	2,38	0,27	0,09	4,12	0,42	1,83	4,17	13,90	13,90	51,94	56,11	40,27
CV (%)	19,86	27,08	9,89	2,88	4,41	59,18	40,38	4,49	23,45	34,12	13,85	12,69	22,93
Assimetria	0,44	1,13	-0,84	-1,52	-1,32	0,85	0,92	-1,09	0,21	-0,21	0,57	0,25	-0,11
Curtose	0,05	1,45	0,01	2,84	1,11	0,29	0,92	0,60	0,88	0,88	-0,43	0,04	-1,04
K-S	0,12*	0,11*	0,16*	0,17*	0,19*	0,14*	0,17*	0,15*	0,16*	0,16*	0,10*	0,10*	0,12*
Cupuaçu													
Média	23,42 <b>a</b>	11,18 <b>a</b>	2,53 <b>b</b>	3,08 <b>b</b>	91,17 <b>b</b>	1,15 <b>a</b>	7,68 <b>a</b>	91,12 <b>c</b>	68,55 <b>c</b>	31,45 <b>a</b>	263,77 <b>b</b>	519,49 <b>a</b>	216,74 <b>a</b>
Mediana	23,42	11,18	2,53	3,08	90,81	1,13	7,68	91,58	68,44	29,83	265,50	519,64	209,20
DP	6,25	3,28	0,25	0,10	3,66	0,54	2,64	3,96	10,46	7,62	34,15	43,03	33,42
CV (%)	26,70	29,28	9,90	3,41	4,04	46,80	34,37	4,34	15,71	25,41	13,00	8,28	15,52
Assimetria	0,12	0,21	-0,16	-0,31	-0,41	0,55	0,21	-0,94	-0,82	1,79	0,24	0,13	-0,01
Curtose	-0,29	-0,41	-0,88	-0,80	-0,57	-0,55	-0,93	0,55	-0,44	4,61	-0,83	-0,38	-0,33
K-S	0,10*	0,07*	0,08*	0,10*	0,10*	0,13*	0,09*	0,09*	0,25*	0,38*	0,09*	0,04*	0,14*
Floresta													
Média	20,22 <b>b</b>	8,66 <b>b</b>	2,82 <b>a</b>	3,20 <b>a</b>	94,52 <b>a</b>	0,98 <b>ab</b>	4,51 <b>b</b>	95,64 <b>a</b>	72,91 <b>a</b>	27,09 <b>a</b>	252,19 <b>b</b>	530,44 <b>a</b>	217,37 <b>a</b>
Mediana	20,34	8,62	2,85	3,20	94,54	0,96	4,51	95,80	73,26	26,74	252,00	529,01	215,37
DP	3,59	1,94	0,23	0,07	2,91	0,59	1,84	2,05	4,56	4,56	26,12	37,53	31,96
CV (%)	17,76	22,45	8,26	2,17	3,09	60,17	40,76	2,14	6,25	16,83	10,48	7,09	14,84
Assimetria	0,43	0,62	-0,58	-0,28	-1,00	1,10	0,38	-0,74	-0,43	0,43	0,03	-0,02	-0,59
Curtose	0,46	1,69	0,05	-0,71	1,51	1,87	-0,52	0,52	-0,49	-0,49	0,13	0,83	0,98
K-S	0,09*	0,08*	0,07*	0,07*	0,08*	0,15*	0,07*	0,08*	0,13*	0,13*	0,07*	0,07*	0,15*

DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação (%); K-S: teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. \* Significativo a 5% de probabilidade; CO: carbono orgânico; EC: estoque de carbono; DMG: diâmetro médio geométrico; DMP: diâmetro médio ponderado; IEA: Índice de Estabilidade de Agregados; GF: Grau de Flocculação; GD: Grau de Dispersão. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 1. Teste de média e estatística descritiva dos atributos do solo na profundidade de 0,00-0,05 m para as áreas com diferentes usos no sul do Amazonas - AM.

Estatística Descritiva	CO	EC	DMG	DMP	Classes %			IEA	GF	GD	Areia	Silte	Argila
	g kg <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	----- mm -----		>2,00	2,0-1,0	<1,00	----- % -----			----- g kg <sup>-1</sup> -----		
Guaraná													
Média	12,11 <b>d</b>	6,63 <b>c</b>	2,44 <b>c</b>	2,96 <b>bc</b>	86,17 <b>b</b>	2,77 <b>a</b>	11,06 <b>a</b>	91,12 <b>b</b>	69,42 <b>a</b>	30,58 <b>a</b>	363,61 <b>b</b>	410,86 <b>b</b>	225,53 <b>c</b>
Mediana	11,82	6,47	2,51	3,01	86,85	3,17	10,49	92,49	68,57	31,43	357,30	407,16	228,65
DP	2,55	1,31	0,43	0,24	7,28	1,18	5,33	5,07	4,73	4,73	41,52	39,93	52,07
CV (%)	21,02	19,74	17,42	8,00	8,45	39,62	48,14	5,56	6,81	15,47	11,42	9,68	23,09
Assimetria	0,45	0,33	-0,97	-1,32	-1,13	0,54	1,35	-1,74	-0,72	0,72	0,47	0,05	-0,20
Curtose	-0,16	-0,55	0,75	1,79	1,18	0,45	1,95	3,37	1,17	1,17	-0,33	1,53	0,48
K-S	0,09*	0,11*	0,13*	0,14*	0,15*	0,14*	0,19*	0,16*	0,25*	0,25*	0,08*	0,10*	0,10*
Urucum													
Média	16,16 <b>b</b>	8,62 <b>b</b>	2,81 <b>a</b>	3,16 <b>a</b>	93,63 <b>a</b>	1,39 <b>b</b>	4,98 <b>c</b>	94,64 <b>a</b>	59,27 <b>a</b>	40,73 <b>a</b>	383,86 <b>a</b>	320,14 <b>c</b>	296,00 <b>ab</b>
Mediana	16,66	8,66	2,85	3,19	94,14	1,04	4,70	94,86	78,05	21,95	385,90	320,73	296,00
DP	2,24	1,43	0,24	0,11	3,54	1,08	2,11	2,33	4,62	4,62	51,56	34,42	48,64
CV (%)	13,86	16,63	8,63	3,45	3,79	77,60	42,37	2,46	6,03	19,75	13,32	10,65	16,43
Assimetria	-0,51	-0,35	-0,83	-1,20	-1,03	1,28	0,57	-0,66	-1,48	1,48	0,45	0,01	-0,15
Curtose	-0,15	0,32	0,33	1,30	0,68	0,87	-0,58	0,20	2,12	2,12	-0,51	-0,34	-0,83
K-S	0,12*	0,07*	0,09*	0,12*	0,11*	0,17*	0,08*	0,09*	0,32*	0,32*	0,12*	0,09*	0,11*
Cupuaçu													
Média	23,30 <b>a</b>	13,38 <b>a</b>	2,59 <b>b</b>	3,04 <b>b</b>	89,17 <b>b</b>	3,49 <b>a</b>	7,35 <b>b</b>	93,74 <b>a</b>	57,78 <b>a</b>	42,22 <b>a</b>	284,69 <b>c</b>	418,06 <b>b</b>	297,25 <b>a</b>
Mediana	23,30	13,27	2,60	3,05	89,11	2,69	7,35	94,05	56,81	43,19	286,70	415,20	303,20
DP	3,10	2,05	0,26	0,16	6,10	1,75	2,53	2,45	5,71	5,71	29,96	59,37	43,52
CV (%)	13,30	15,33	9,87	5,20	6,92	58,02	34,44	2,61	9,88	13,52	10,53	14,20	14,64
Assimetria	-0,22	0,39	-0,68	-1,13	-1,40	1,15	0,54	-0,76	1,46	-1,46	-0,20	0,98	-0,74
Curtose	0,07	0,35	0,85	1,02	2,15	1,13	0,08	0,79	3,70	3,70	0,31	1,29	0,22
K-S	0,11*	0,09*	0,10*	0,15*	0,16*	0,15*	0,14*	0,08*	0,25*	0,25*	0,06*	0,09*	0,10*
Floresta													
Média	13,66 <b>c</b>	6,53 <b>c</b>	2,52 <b>bc</b>	2,94 <b>c</b>	87,61 <b>b</b>	3,58 <b>a</b>	8,81 <b>b</b>	93,67 <b>a</b>	66,14 <b>a</b>	33,86 <b>a</b>	238,88 <b>d</b>	483,25 <b>a</b>	277,87 <b>b</b>
Mediana	13,66	6,53	2,52	2,96	85,60	3,58	8,81	94,09	68,20	34,49	238,00	483,40	276,94
DP	2,65	1,45	0,31	0,26	8,82	2,19	3,73	2,66	9,28	6,68	24,09	45,85	39,81
CV (%)	19,42	22,22	12,33	8,91	10,32	61,00	42,34	2,83	13,61	19,36	10,08	9,54	14,33
Assimetria	-0,20	-0,03	0,00	-0,91	-0,82	0,35	0,14	-0,63	0,47	-0,40	0,21	-0,17	0,21
Curtose	0,21	-0,10	-0,56	0,47	0,20	-0,61	-0,88	-0,12	-0,23	0,68	0,13	-0,35	0,00
K-S	0,11*	0,09*	0,15*	0,11*	0,10*	0,10*	0,09*	0,11*	0,20*	0,16*	0,06*	0,08*	0,10*

DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação (%); K-S: teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. \* Significativo a 5% de probabilidade; CO: carbono orgânico; EC: estoque de carbono; DMG: diâmetro médio geométrico; DMP: diâmetro médio ponderado; IEA: Índice de Estabilidade de Agregados; GF: Grau de Flocculação; GD: Grau de Dispersão. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 2. Teste de média e estatística descritiva dos atributos do solo na profundidade de 0,05-0,10 m para as áreas com diferentes usos no sul do Amazonas - AM.

Estatística Descritiva	CO	EC	DMG	DMP	Classes %			IEA	GF	GD	Areia	Silte	Argila
	g kg <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	----- mm -----		>2,00	2,0-1,0	<1,00	----- % -----			----- g kg <sup>-1</sup> -----		
Guaraná													
Média	10,35 <b>b</b>	11,13 <b>b</b>	2,09 <b>b</b>	2,72 <b>bc</b>	77,54 <b>b</b>	5,33 <b>b</b>	17,13 <b>ab</b>	89,47 <b>c</b>	54,27 <b>ab</b>	45,73 <b>ab</b>	361,48 <b>b</b>	434,92 <b>b</b>	203,60 <b>c</b>
Mediana	10,71	11,64	2,05	2,72	75,84	5,49	17,27	90,31	55,33	44,67	360,10	435,40	204,00
DP	2,20	2,20	0,43	0,27	6,67	1,88	5,04	5,38	19,47	19,47	40,65	23,63	39,11
CV (%)	21,26	19,79	20,62	9,87	8,60	35,33	31,92	6,02	35,88	42,59	11,18	5,43	19,19
Assimetria	0,18	-0,69	-0,15	-0,38	0,07	-0,08	-0,25	-1,08	-0,47	0,47	0,76	0,19	-0,36
Curtose	-0,28	0,84	-0,50	-0,29	-0,56	-0,15	-0,80	0,84	-1,05	-1,05	0,03	0,56	-0,65
K-S	0,08*	0,12*	0,06*	0,06*	0,11*	0,09*	0,15*	0,14*	0,16*	0,16*	0,10*	0,08*	0,10*
Urucum													
Média	7,87 <b>c</b>	8,08 <b>d</b>	2,62 <b>a</b>	3,03 <b>a</b>	89,42 <b>a</b>	2,76 <b>c</b>	7,82 <b>c</b>	92,83 <b>a</b>	51,99 <b>ab</b>	48,01 <b>ab</b>	380,31 <b>a</b>	405,28 <b>c</b>	214,41 <b>b</b>
Mediana	7,90	8,29	2,67	3,09	90,22	2,71	7,12	93,80	49,31	50,69	380,30	409,14	211,20
DP	2,09	2,22	0,27	0,18	4,68	1,27	3,20	3,48	8,44	8,44	53,63	54,32	48,07
CV (%)	26,56	27,46	10,46	5,79	5,25	46,10	40,94	3,75	16,24	17,58	14,10	13,40	21,76
Assimetria	0,59	0,23	-0,69	-1,16	-1,03	1,41	1,02	-1,04	1,35	-1,35	0,29	-0,01	0,03
Curtose	1,13	0,80	0,75	0,90	0,95	1,96	1,97	0,64	1,62	1,62	-0,43	-0,42	-0,43
K-S	0,13*	0,10*	0,11*	0,16*	0,12*	0,17*	0,12*	0,15*	0,22*	0,22*	0,07*	0,08*	0,12*
Cupuauçu													
Média	8,05 <b>c</b>	9,40 <b>c</b>	2,07 <b>b</b>	2,62 <b>c</b>	73,95 <b>c</b>	7,89 <b>a</b>	18,16 <b>a</b>	90,92 <b>bc</b>	41,42 <b>b</b>	58,58 <b>a</b>	279,30 <b>c</b>	418,40 <b>bc</b>	302,30 <b>a</b>
Mediana	8,24	9,70	2,07	2,66	73,70	7,64	17,91	91,83	41,42	58,58	278,40	419,50	295,20
DP	3,06	3,59	0,39	0,35	11,24	3,39	7,88	3,69	7,95	7,95	26,62	44,49	35,74
CV (%)	37,99	38,21	18,67	13,34	15,25	44,44	43,99	4,06	19,20	13,57	9,53	10,63	11,82
Assimetria	-0,49	-0,57	-0,28	-0,67	-0,82	0,44	0,91	-1,21	-0,27	0,27	0,40	0,06	0,31
Curtose	-0,52	-0,69	-0,70	-0,28	0,64	-0,12	1,05	1,30	0,18	0,18	-0,10	0,50	-0,05
K-S	0,13*	0,13*	0,09*	0,10*	0,13*	0,10*	0,13*	0,13*	0,22*	0,22*	0,06*	0,07*	0,10*
Floresta													
Média	12,70 <b>a</b>	13,32 <b>a</b>	2,15 <b>b</b>	2,75 <b>b</b>	80,45 <b>b</b>	5,47 <b>b</b>	14,09 <b>b</b>	91,86 <b>ab</b>	61,44 <b>a</b>	38,56 <b>b</b>	241,16 <b>d</b>	467,04 <b>a</b>	291,80 <b>a</b>
Mediana	12,60	13,02	2,15	2,75	79,34	5,47	14,09	92,65	61,67	38,33	240,98	466,22	292,00
DP	2,34	2,63	0,46	0,33	12,44	2,31	6,19	3,93	6,31	6,31	27,20	39,42	32,46
CV (%)	18,45	19,76	21,59	11,90	15,87	42,14	43,91	4,28	10,28	16,38	11,28	8,44	11,22
Assimetria	0,73	0,98	-0,07	-0,42	-0,52	-0,02	0,42	-0,65	-0,26	0,26	0,42	0,25	-0,80
Curtose	0,33	1,05	-0,86	-0,61	-0,36	-0,16	-0,12	-0,14	-0,18	-0,18	0,15	0,53	1,24
K-S	0,12*	0,14*	0,07*	0,09*	0,09*	0,16*	0,10*	0,09*	0,25*	0,25*	0,09*	0,06*	0,15*

DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação (%); K-S: teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. \* Significativo a 5% de probabilidade; CO: carbono orgânico; EC: estoque de carbono; DMG: diâmetro médio geométrico; DMP: diâmetro médio ponderado; IEA: Índice de Estabilidade de Agregados; GF: Grau de Floculação; GD: Grau de Dispersão. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 3. Teste de média e estatística descritiva dos atributos do solo na profundidade de 0,10-0,20 m para as áreas com diferentes usos no sul do Amazonas - AM.

Os altos valores de CO e EC na área de cupuaçu, respectivamente nas profundidades 0,00-0,05 m e 0,05-0,10 m devem estar associados à elevada produção de fitomassa, proporcionada pelo aporte de resíduos provenientes da própria cultura, fato que pode ser atribuído também ao tempo de 7 anos de cultivo com a cultura sem sofrer práticas intensivas no solo (Tabela 1 e 2). Os respectivos resultados encontrados para CO e EC corroboram com os encontrados por Cunha et al. (2017), a qual também atribuíram às altas concentrações, em virtude da cobertura vegetal verificadas *in loco* sob o uso do feijão Guandu em comparação com a área de floresta nativa e pastagem. Já Mantovanelli et al. (2015), atribuem este padrão em função da maior deposição de matéria orgânica em superfície, que é intensificada devido ao aporte de resíduos vegetais mais lignificados.

Estudos de Carvalho et al. (2010) e Campos et al. (2016) demonstram que a ausência da queima no processo de colheita, os resíduos vegetais são depositados na superfície do solo e com o passar do tempo parte desses resíduos é decomposto e parte é incorporada à matéria orgânica do solo, contribuindo para o aumento do carbono orgânico e estoque de C. Tais resultados só comprovam a afirmação proposta por outros autores de que o teor de carbono no solo depende da condição de tratamento que este recebe, e que durante a mudança no seu uso, pode ser significativo quando manejado da forma correta, e que não sofra uma consequente perda de nutriente durante o uso do solo (COX et al., 2000; FRIEDLINGSTEIN et al., 2006).

Quando analisados os atributos da estabilidade de agregados, DMG, DMP e IEA verificou-se que os atributos DMG e DMP para as áreas cultivadas com guaraná, urucum e floresta nativa não apresentaram entre si diferenças significativas na profundidade de 0,00-0,05 m, porém as mesmas foram estatisticamente diferentes quando comparadas a área cultivada com cupuaçu (Tabela 1). Os menores valores de DMG e DMP encontraram-se na área de cupuaçu, respectivamente na profundidade de 0,10-0,20 m com valor em torno de 2,07 e 2,62 mm, e os maiores valores se encontrou na área de floresta nativa, na profundidade 0,00-0,05 m com valor em torno de 2,82 e 3,20 mm (Tabela 1 e 3).

Tomando como base os resultados encontrados, foi possível observar relação direta da estabilidade dos agregados com os valores encontrados de carbono orgânico em todas as áreas, para todas as profundidades estudadas. Sendo possível observar aumento dos valores de agregados com o aumento do carbono orgânico. Tal situação foi comprovada nos estudos de CAMPOS et al., (2016), onde os mesmos, destacaram correlação positiva entre a distribuição de agregados com o carbono orgânico, observando, aumento na porcentagem dos agregados dos solos com os maiores teores de carbono. Em outro contraponto, com base em tais resultados observou-se decréscimo nos valores de agregados em profundidade para todas as áreas estudadas. Trabalhos de Wendling et al., (2012) e Alho et al., (2014), também observaram decréscimo da agregação do solo com o aumento da profundidade.

Analisando os resultados obtidos do IEA foi possível observar na profundidade 0,00-0,05 m, diferença significativa da área de floresta em relação as áreas de guaraná, urucum e cupuaçu, favorecendo incremento de 4,52% da área de floresta em relação as áreas cultivadas (Tabela 1). Essa superioridade nos valores indicativos da agregação pode ser atribuída ao maior acúmulo de carbono orgânico. Na profundidade 0,05-0,10 m as áreas de floresta, cupuaçu e urucum não apresentaram diferença significativa, com exceção da área cultivada com guaraná (Tabela 2), tais resultados podem estar relacionados a estruturação do solo das respectivas áreas em profundidades. De acordo com Six et al. (2000), dentro dos padrões físicos, os mesmos destacam a estabilidade de agregados como o indicador da estrutura do solo. Outro fator que pode ter relação é acerca da manutenção dos teores de carbono orgânico, funcionando como agente cimentante. Tal afirmação é reforçada nos estudos de Corrêa et al. (2009) a qual relatam que o processo de agregação envolve um conjunto de elementos, entre eles, a matéria orgânica, que atua como agente cimentante unindo as partículas do solo. Na profundidade de 0,10-0,20 m os resultados seguiram a mesma tendência da profundidade anterior, porém com incremento de 3,52% do maior valor referente a área cultivada com urucum em relação a área de guaraná (Tabela 3). Os baixos IEA apresentados no cultivo do guaraná pode estar relacionado ao tempo de cultivo da respectiva cultura, já que se trata de uma área com 7 anos de efetivo uso e sem atenção especial quanto ao manejo do solo.

Quando analisados os resultados relacionados as classes de agregados > 2,00 mm na profundidade 0,00-0,05 m foi possível observar que as maiores porcentagens de agregados foram encontrados nas área de guaraná com 94,4%, urucum 94,8% e floresta 94,5%, as mesmas não apresentando diferença significativa entre si pelo teste Tukey a nível de 0,05 de probabilidade, com exceção da área de cupuaçu a qual apresentou uma menor porcentagem dos agregados estáveis em água com valor em torno de 91,2% (Tabela 1).

Na profundidade de 0,05-0,10 observou-se maior valor na área de urucum com 93,6%, a mesma apresenta diferença significativa quando comparada as demais áreas de guaraná, cupuaçu e floresta (Tabela 2). Quando analisada a respectiva classe na profundidade de 0,10-0,20 m, foi possível observar que os resultados seguiram a mesma tendência da profundidade de 0,05-0,10, com a área de urucum apresentando maior valor em relação as demais áreas estudadas (Tabela 3). Possivelmente as raízes da planta de urucum a qual tinha apenas 3 anos de cultivo aceleraram a agregação do solo nas profundidades 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. Estudos destacam que este processo ocorre tanto pela liberação de exsudados orgânicos que servem de energia para a atividade microbiana, como pela sua atuação na aproximação das partículas minerais pelas pressões exercidas durante seu crescimento e na absorção de água, favorecendo a coesão entre as partículas do solo (CASTRO FILHO et al., 1998; PALMEIRA et al., 1998). No geral a porcentagem

de agregados na classe > 2,00 mm, apresentou valores acima de 80% aferindo maior resistência à desagregação, resultados que corroboram com os encontrados por Soares et al. (2018).

Ao analisar os agregados da classe de 2,0-1,0 mm na profundidade 0,00-0,05 mm (Tabela 1), encontrou-se maior porcentagem nos solos sob as áreas de cupuaçu e floresta nativa. As possíveis explicações para esse efeito, pode estar relacionado aos elevados teores de carbono orgânico encontrados nestas áreas na profundidade superficial. Tal explicação foram relatados por Campos et al. (2012) e Soares et al. (2018), ambos destacaram os altos teores da Matéria Orgânica e estabilização dos agregados do solo em profundidade superficial. Na profundidade 0,05-0,10 mm os resultados da presente classe para as áreas de guaraná, cupuaçu e floresta exibiram ocorrência de maior homogeneidade, diferindo estatisticamente da área de urucum (Tabela 2). Provavelmente tal fato pode estar relacionado a manutenção de elevados teores de carbono orgânico nesta profundidade.

Na classe < 1,0 mm, as maiores porcentagens dos agregados estáveis em água foram observadas na área de cupuaçu com 7,68% para profundidade 0,00-0,05 mm, área de guaraná com valor de 11,1% na profundidade 0,05-0,10 mm, já na profundidade de 0,10-0,20 mm as áreas de guaraná com 17,1% e cupuaçu com 18,1% não apresentaram diferença significativa entre si pelo teste Tukey. Para a mesma classe, observou-se que a área de urucum apresentou menor porcentagem dos agregados estáveis em água para todas as profundidades estudadas.

Quando analisados os resultados de fração granulométrica observou-se que para o atributo areia na profundidade 0,00-0,05 mm as áreas de guaraná e urucum não apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 1). Já nas profundidades 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m a área de urucum apresentou diferença significativa em relação as áreas de guaraná, cupuaçu e floresta (Tabela 2 e 3). Ao analisar o silte, foi possível observar maiores valores nas áreas de floresta com valores variando de 483,5 a 467,0 g kg<sup>-1</sup>, com exceção da profundidade 0,00-0,05 mm na qual as áreas de cupuaçu e floresta não apresentaram diferença significativa entre si. Quando se avaliou os valores de argila, observou que as áreas de guaraná, cupuaçu e floresta não apresentaram diferença significativa entre si, no entanto as respectivas áreas diferiram da área de urucum na profundidade 0,00-0,05 mm. Já na profundidade 0,05-0,10 m as áreas de urucum e cupuaçu apresentaram maiores valores quando comparadas às áreas de guaraná e floresta, em seguida ao analisar os resultados na profundidade 0,10-0,20 m, as áreas de cupuaçu e floresta não apresentaram diferença significativa entre si. No geral os teores de areia, silte e argila caracterizaram-se como de textura média para todas as profundidades avaliadas.

Quando analisados os resultados de grau de floculação (GF) na profundidade de 0,00-0,05 m observou-se que as áreas guaraná, urucum e floresta não apresentaram diferenças significativas entre si pelo teste Tukey, tais resultados se mantiveram entre 72,9 a

78,9%, com exceção da área de cupuaçu que apresentou 66,6% (Tabela 1). Tais resultados são similares aos resultados encontrados quando se avaliou a classe de agregados > 2,00 mm, possivelmente em virtude do GF influenciar diretamente as partículas do solo (Santos et al., 2010). No mesmo sentido do ponto de vista agrícola, segundo Lemos & Silva (2005) a floculação é importante para o controle da erosão, já que propicia a formação de agregados estáveis ou grânulos.

Ao se avaliar os resultados nas profundidades 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m notou-se que as respectivas áreas não apresentaram diferenças significativas entre si, com exceção da área de cupuaçu na profundidade 0,10-0,20 m, a qual apresentou menor valor em relação as demais áreas avaliadas (Tabela 2 e 3). No geral, em todas as áreas estudadas observou-se uma tendência de diminuição do GF em profundidade, resultados semelhantes foram encontrados por Vicente et al. (2012).

Quando analisados os resultados relacionados ao grau de dispersão (GD), foi possível observar que as áreas estudadas não apresentaram diferenças significativas entre si, pelo teste Tukey em todas as profundidades analisadas. A única exceção foi observada para área de floresta na profundidade de 0,10-0,20 m, a qual apresentou menor grau de dispersão em relação as áreas de guaraná, urucum e cupuaçu (Tabela 3). Tomando como base os presentes resultados, estudos destacam que normalmente os solos com alto grau de floculação (GF) e baixo grau de dispersão (GD), se relacionam com melhores condições físicas do solo (VASCONCELOS et al., 2013), além de mencionarem que ambos atributos são inversamente proporcionais (VICENTE et al., 2012).

Adotando-se os critérios propostos por Warrick e Nielsen (1980), que consideram os valores do coeficiente de variação abaixo 12% como baixa variabilidade, entre 12% e 60% como média variabilidade e valores acima 60% como alta variabilidade. Foi possível afirmar com base nos valores de (CV%) encontrados, que os atributos estudados apresentaram de baixa à média variabilidade para todas as áreas e profundidades estudadas, com exceção da classe de 2,0-1,0 mm na profundidade 0,00-0,05 m e 0,05-0,10 mm na área de floresta.

Os ajustes do semivariogramas experimentais e análise de dependência espacial estão apresentados nas figuras 2, 3 e 4. Foi possível observar através dos resultados que os atributos apresentaram dependência espacial, ajustando-se, predominantemente, aos modelos exponencial e esférico, com valores de  $R^2$  e VC acima de 0,73 e 0,70, respectivamente. As exceções ocorreram na área de cupuaçu para os atributos EC e argila na profundidade 0,00-0,05 m, CO e classes de agregados > 2 mm na profundidade 0,05-0,10 m, além de EC na profundidade 0,10-0,20 m, para área de floresta a exceção se deu para a variável DMG na profundidade 0,10-0,20 m, no geral ambos atributos produziram efeito pepita.

Outras exceções ocorreram também na área de cupuaçu, porém apresentando efeito pepita puro, isso para as variáveis silte na profundidade 0,00-0,05 m, classes de

agregados 2-1 mm na profundidade 0,05-0,10 m e areia na profundidade 0,10-0,20 m. Após observação e análise dos resultados é possível aferir para as respectivas variáveis, ausência de dependência espacial, de modo que a distância utilizada entre os pontos amostrados não detectou a dependência espacial para as profundidades e respectivas áreas estudadas.

Ao analisar os resultados do grau de dependência espacial (GDE), expresso pela razão entre o efeito pepita e o patamar, seguindo a classificação de Cambardella et al. (1994), observou-se que os atributos se mostraram nos limites do grau de dependência espacial (GDE), variando entre dependência moderada a forte. Tais resultados corroboram com os encontrados por Alho et al. (2014), os mesmos avaliando a variabilidade espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em Cambissolo e Argissolo no Amazonas. Através dos resultados, foi possível observar maiores GDE para o DMG na área de urucum com 58% e floresta 63,1% respectivamente na profundidade de 0,00-0,05 (Figura 2). Na profundidade 0,05-0,10 m, o maior GDE foi observado para os atributos Silte e IEA, com 53,8% e 54,5% respectivamente, na área de guaraná e urucum (Figura 3). Já na profundidade 0,10-0,20 m, os maiores valores ocorreram para os atributos DMP e classes de agregados > 2 mm, ambos na área de guaraná (Figura 4).

O alcance é um parâmetro da geoestatística que tem servido de subsídio em planejamentos amostrais, uma vez que é a distância limite da dependência espacial (Vieira et al., 2011; Soares et al., 2018). Com base aos resultados, observou-se que os atributos apresentaram diferentes valores de alcance, de modo que os menores valores foram observados na área de cupuaçu, para os atributos argila na profundidade 0,00-0,05 m, DMG na profundidade 0,05-0,10 m e classes de agregados > 2 mm na profundidade de 0,10-0,20 m, nos intervalos de 5,9 m a 9,8 m, fato que indica que estes atributos apresentaram distribuição dos valores de dependência espacial menos prolongada, ao longo da área de estudo. Os valores de alcance para os demais atributos, levando em consideração todas as áreas estudadas ficaram em torno de 10 a 89,9 m.

Profundidade 0,00 – 0,05 m

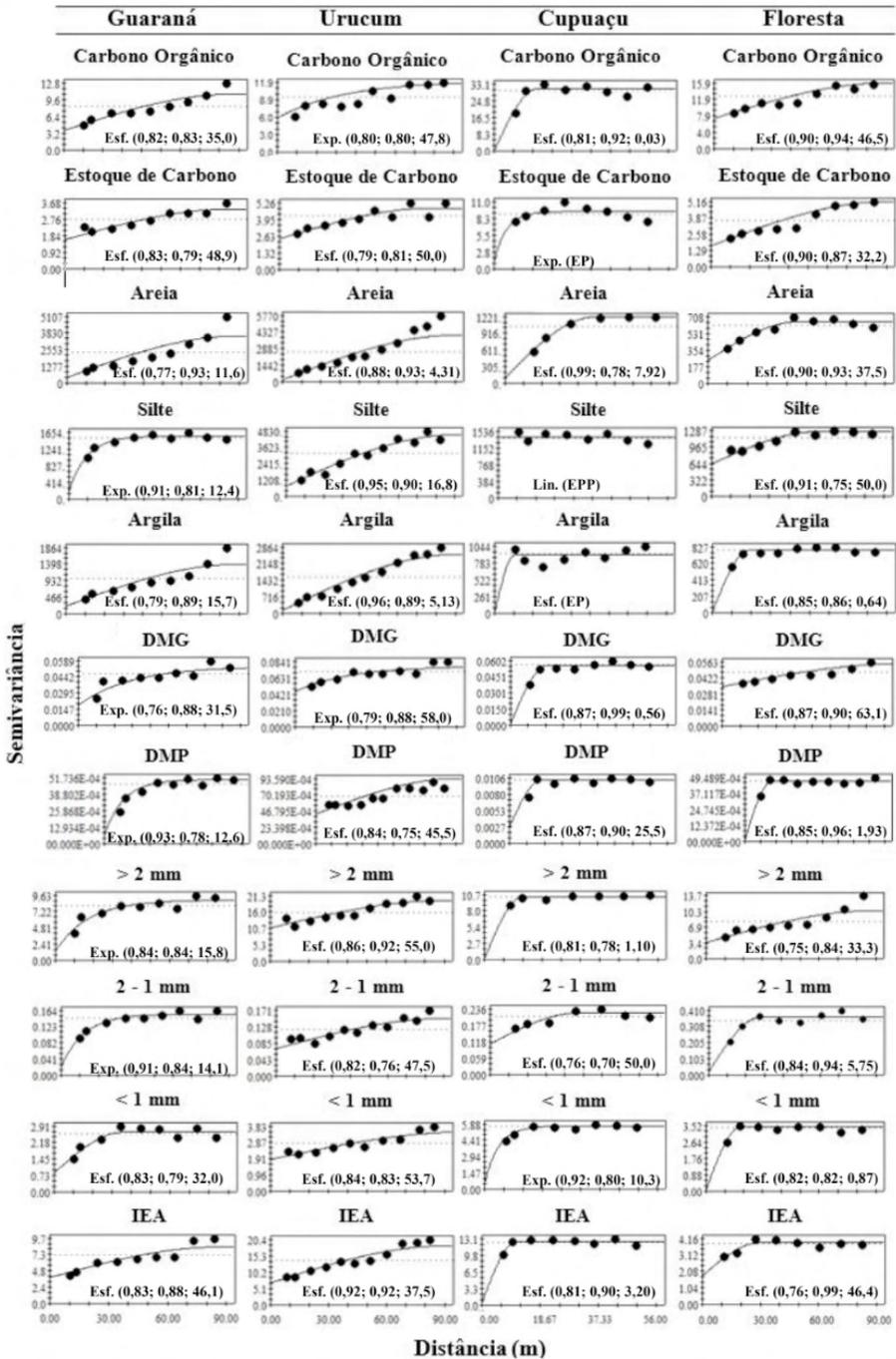


Figura 2. Semivariogramas ajustados aos atributos na profundidade 0,00 a 0,05 cm, em área de guaraná, urucum, cupuaçu e floresta no município de Canutama, AM. Modelo (R<sup>2</sup>, VC e GDE).



Profundidade 0,10 – 0,20 m

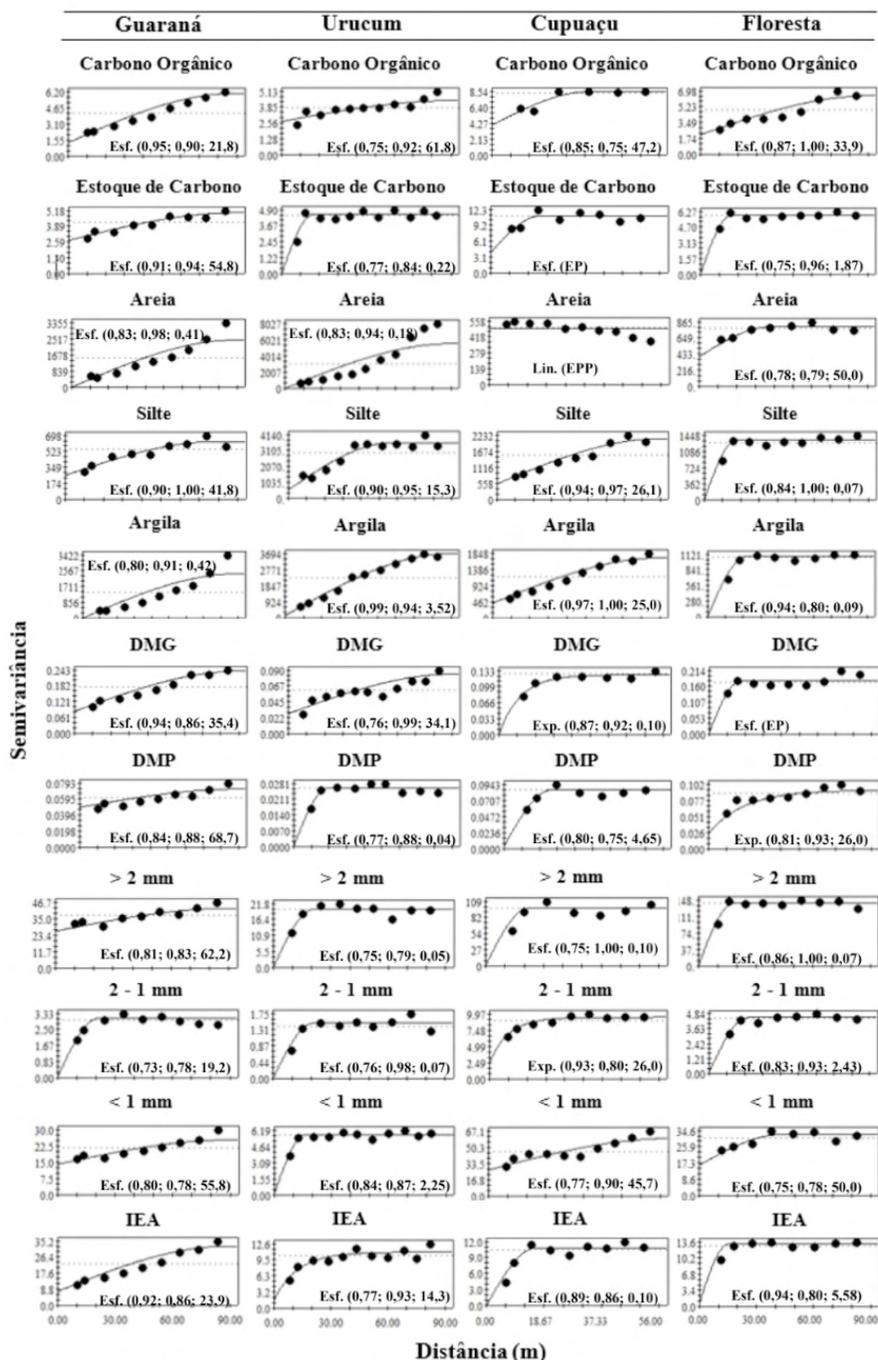


Figura 4. Semivariogramas ajustados aos atributos na profundidade 0,10 a 0,20 cm, em área de guaraná, urucum, cupuaçu e floresta no município de Canutama, AM. Modelo (R<sup>2</sup>, VC e GDE).

Na análise multivariada, foi possível observar os atributos do solo que sofreu maior alteração quando ao uso do solo, em comparação ao solo sob floresta. A adequação da análise fatorial mostrou-se significativo (KMO igual a 0,76 e  $p < 0,05$  para o teste de esfericidade de Barlett) para os atributos avaliados. Na análise de componentes principais (ACP), o número de fatores a ser extraído foi estabelecido de forma a explicar acima de 70% da variância total dos dados (Tabela 4 e Figura 5), que apresentaram autovalores da matriz de covariância superior a um (1) (Manly, 2008), com 4,90 na CP1 e 3,31 na CP2. Em relação ao percentual da variância explicada, observou-se que a CP1 foi responsável por 45,59% da variância total, enquanto que a CP2 foi responsável por 28,99%.

Atributos	Variância comum	Fatores	
		CP1	CP2
CO	0,78	0,08	0,84*
EC	0,73	0,02	0,75*
Areia	0,95	0,16	-0,90*
Silte	0,90	-0,21	0,69*
Argila	0,85	0,01	0,73*
DMG	0,91	0,96*	-0,01
DMP	0,91	0,96*	-0,07
> 2 mm	0,87	0,94*	-0,12
2 - 1 mm	0,75	-0,81*	0,30
< 1 mm	0,80	-0,92*	0,09
IEA	0,76	0,77*	0,34
Variância explicada (%)		45,59	28,99

Tabela 4. Correlação entre cada componente principal e variáveis analisadas e análise fatorial dos atributos do solo com os fatores rotacionados (Varimax) (Fator 1 e 2) correspondentes às áreas com diferentes usos no Sul do Amazonas - AM.

CO: carbono orgânico; EC: estoque de carbono; DMG: diâmetro médio geométrico; DMP: diâmetro médio ponderado; > 2 mm (%): classe de agregados maior que 2 milímetros; 2 - 1 mm: classe de agregados entre 2 e 1 milímetros; < 1 mm (%): classe de agregados menor que 1 milímetros; IEA (%): índice de estabilidade de agregados.

Tanto o primeiro, quanto o segundo fator (Tabela 4) tem percentual de explicação para as características estruturais e granulométrica do solo. Assim, a discriminação entre os ambientes diz respeito a essas características, com CP1 representando as características de estabilidade dos agregados do solo (DMG, DMP e classes de agregados > 2 mm, 2 – 1 mm e < 1mm), enquanto a CP2 às características texturais e orgânicas (CO, EC, Areia, silte e argila).

Na Figura 5 está representado a análise de componentes principais, através da distribuição dos escores das diferentes áreas estudadas e da disposição das cargas

fatoriais dos atributos do solo formado pelos PC1 e PC2.

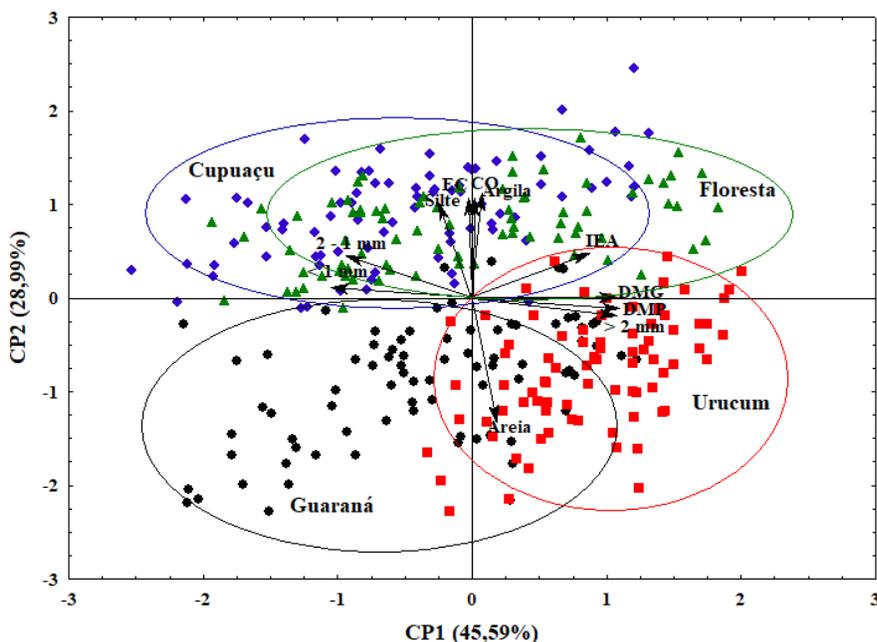


Figura 5. Análise de componentes principais dos atributos dos solos estudados na profundidade 0,00 a 0,20 m, em área de guaraná, urucum, cupuaçu e floresta no município de Canutama, AM.

Com base nos resultados, foi possível observar maior adensamento dos escores da floresta e cupuaçu no primeiro e segundo quadrante, o que discrimina que ambas as áreas obtiveram valores dos atributos CO, EC, silte, argila e classes de agregados 2 – 1 mm, < 1mm e IEA, acima da média. Por outro lado, a área cultivada com urucum apresentou-se mais distribuída no quarto quadrante, com atributos mais voltados para características estruturais, os mesmos apresentando valores acima da média, tal condição estruturante pode estar relacionada, ao tempo de cultivo da respectiva área. Fato inverso ocorreu na área cultivada com guaraná, onde se observou valores abaixo da média para os atributos que estão relacionados as condições estruturais do solo, como DMG, DMP e classes de agregados > 2 mm.

#### 4 | CONCLUSÕES

Áreas cultivadas com cupuaçu, após processo de conversão pode apresentar o mesmo teor de CO e EC ou até mesmo superar as áreas de florestas nativas.

O processo de conversão influenciou o estado de agregação do solo, avaliado pelo

aumento da dispersão da fração argila e diminuição dos valores DMP, DMG e classes de agregados > 2 mm.

Os atributos avaliados nas respectivas áreas estudadas se mostraram nos limites do grau de dependência espacial, apresentando dependência variando entre moderada a forte.

Na análise multivariada, as áreas de floresta e cupuaçu apresentaram comportamentos semelhantes, com valores de CO, EC, silte, argila e classes de agregados 2 – 1 mm, < 1mm e IEA, acima da média.

## REFERÊNCIAS

ALHO, L. C.; CAMPOS, M. C. C.; SILVA, D. M. P.; MANTOVANELLI, B. C.; SOUZA, Z. M. Variabilidade espacial de estabilidade de agregados e estoque de carbono em Cambissolo e Argissolo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 44, n. 3, p. 246-254, 2014.

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.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil - Folha SB. 20, Purus. Rio de Janeiro, 1978. 561p.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E..Field-scale variability of soil properties in Central Iowa. *Soil Science Society of America Journal*, v. 58, n. 5, p. 1501-11, 1994.

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.

CAMPOS, M.C.C.; SANTOS, L. A. C.; SILVA, D. M. P.; MANTOVANELLI, B. C.; SOARES, M. D. R. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. *Revista Agro@mbiente*, v. 6, n. 2, p. 102-109, 2012.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2010

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.

CORRÊA, J.C.; BULL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; MORAES, M.H. Alteração de atributos físicos em Latossolo com aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n. 2, p.263-272, 2009.

- COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C. S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em Sistema Plantio Direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 3, p. 852-863, 2015.
- 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*, v. 408, n. 6809, p. 184-187, 2000.
- CUNHA, J. M.; GAIO, D. C.; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; SILVA, D. M. P.; LIMA, A. F. L. Atributos físicos e estoque de carbono do solo em áreas de Terra Preta Arqueológica da Amazônia. *Revista Ambiente & Água*. v. 12 n. 2, p. 263-281, 2017.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Revisada. Embrapa Solos Rio de Janeiro, 353p. 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solo, 2011. 230p.
- FREITAS, L., CASAGRANDE, J. C., OLIVEIRA, I. A., CAMPOS, M. C. C., SILVA, L. S. Técnicas multivariadas na avaliação de atributos de um Latossolo vermelho submetido a diferentes manejos. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 10, n. 1, p.17-26, 2015.
- FRIEDLINGSTEIN, P.; COX, P.; BETTS R.; BOPP, L.; BLOH, W.; BROVKIN, V.; CADULE, P.; DONEY, S.; EB, M.; FUNG, I.; BALA, G.; JOHN, J.; JONES, C.; JOOS, F.; KATO, T.; KAWAMIYA, M.; KNORR, W.; LINDSAY, K.; MATTHEWS, H.D.; RADDATZ, T. Climate-carbon cycle feedback analysis: Results from the (CMIP) - M-4 model intercomparison. *Journal of Climate*, v.19, p.3337-3353, 2006.
- HOU X.Q.; LI R.; JIA Z.K.; HAN Q.F.; YANG B.P.; NIE J.F. Effects of rotational tillage practices on soil structure, organic carbon concentration and crop yields in semi-arid areas of northwest China. *Soil Use Manage*, v. 28, n. 4, p.551-558, 2012.
- KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A., EVANS, D. D., WHITE, J. L., ENSMINGER, L. E.; CLARK, F. E., eds. *Methods of soil analysis – Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison, American Society of Agronomy, p. 499-510. (Agronomy Series, 9), 1965.
- LEMOS, C.F. de; SILVA, E.T. da. Comparação das características morfológicas, mineralógicas, químicas e físicas do solo entre áreas de cultivo com plantio direto e plantio convencional. *Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais*, v.3, n.1, p. 11-18, 2005.
- MANLY, B.J.F. *Métodos estatísticos multivariados: uma introdução*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- MANTOVANELLI, B. C.; SILVA, D. A. P.; CAMPOS, M. C. C.; GOMES, R. P.; SOARES, M. D. R.; SANTOS, L. A. C. Avaliação dos atributos do solo sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 58, n. 2, p. 122-130, 2015.
- OLIVEIRA, I.A.; CAMPOS, M.C.C.; FREITAS, L.; SOARES, M.D.R. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. *Acta Amazônica*, v. 45, n. 1, p. 1-12, 2015.

OLIVEIRA, P. R.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; ROSSETTI, K. V.; FERRAUDO, A. S.; FRANCO, H. B. J.; PEREIRA, F. S.; BÁRBARO JÚNIOR, L. S. Qualidade estrutural de um Latossolo Vermelho submetido à compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. 3, p. 604-612, 2013.

PALMEIRA, P.R.T.; PAULETTO, E. A.; TEIXEIRA, C. F. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, n.2, p.189-195, 1999.

SANTOS, L. N. S.; PASSOS, R. R.; SILVA, L. V. M.; OLIVEIRA, P. P.; GARCIA, G. O.; CECÍLIO, R. A. Avaliação de alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-amarelo sob diferentes coberturas vegetais. *Bioscience Journal*, v.26, n. 6, p.940-947, 2010.

SILVA, C. J.; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. A.; NOGUEIRA, J. S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 37, n. 4, p. 543–548, 2007.

SILVA, M. O.; FREIRE, M. B. G. S.; MENDES, A. M. S.; FREIRE, F. J.; CAMPOS, M. C. C.; AMORIM, L. B. Discriminação de diferentes classes de solos irrigados com águas salinas, na região de Mossoró, RN, com o uso de análise multivariada. *Ambiência*, v. 6, n. 2, p. 261-270, 2010.

SIX, L.; ELLIOT, E. T.; PAUSTIAN, K. Soil structure and soil organic matter: II A normalized stability index and the effect of mineralogy. *Soil Science Society American Journal*, v.64, p.1042-1049, 2000.

SOARES, M.D.R.; CAMPOS, M. C. C.; CUNHA, J. M. C.; MANTOVANELLI, B. C.; OLIVEIRA, I. A.; BRITO FILHO, E. G.; LEITE, A. F. L. Variabilidade espacial da estabilidade dos agregados e matéria orgânica do solo em terra preta arqueológica sob pastagem. *Gaia Scientia*, v. 12, n. 2. p. 125-133, 2018.

SOUZA, G.S.; SOUZA, Z.M.; SILVA R.B.; BARBOSA, R.S.; ARAÚJO, F. S. Effects of traffic control on the soil physical quality and the cultivation of sugarcane. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 1, p.135-146, 2014.

VASCONCELOS, R. R. A.; BARROS, M. F. C.; SILVA, Ê. F. F.; GRACIANO, E. S. A.; FONTENELE, A. J. P. B.; SILVA, N. M. L. Características físicas de solos salino-sódicos do semiárido pernambucano em função de diferentes níveis de gesso. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.12, p.1318–1325, 2013.

VIEIRA, S. R. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos relacionados com o estado de agregação de dois latossolos cultivados no sistema de semeadura direta. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 1, p. 185-195, 2011.

VICENTE, T. F. S.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; OLIVEIRA, V. S.; OLIVEIRA, A. K. S.; e SOUZA, A. M. P. L. Relações de atributos do solo e estabilidade de agregados em canaviais com e sem vinhaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.11, p.1215–1222, 2012.

WARRICK A.W.; NIELSEN D.R. 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. *Applications of soil physics*. New York, USA. p.344.

WENDLING, B. et al. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do Cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 256-265, 2012.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, v. 19, n. 13, p.1467-1476, 1988.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**JOSÉ MAURÍCIO DA CUNHA** - Graduação em Bacharelado em Física pela Universidade Federal do Amazonas (2008), Mestrado em Física pela Universidade Federal do Amazonas (2011) e Doutorado em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (2016). É Professor Adjunto IV do quadro permanente da Universidade Federal do Amazonas, do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA/ UFAM) e credenciado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da UFAM, conceito 3 da CAPES. É Líder do Grupo de Pesquisa Solos e Ambiente Amazônico. Está atuando na área de Engenharia Agrícola (com ênfase em Física do Solo e Manejo e Conservação do Solo) e Geociência (com ênfase em Sensoriamento Remoto), nas seguintes áreas de pesquisa: Manejo e Qualidade do solo; Atributos do solo; Análises Espaciais Aplicada a Ciência do Solo; Estimativas de parâmetros ambientais a partir do Sensoriamento Remoto.

**MILTON CÉSAR COSTA CAMPOS** - Graduado em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (2004), Mestrado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Estadual Paulista (2006), Doutorado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2009) e Pós-Doutorado em Engenharia de Água e Solo pela Universidade Estadual de Campinas (2013). É Professor Associado III do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Atualmente é Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2 - CA AG – Agronomia. Editor Assistente da Revista Brasileira de Ciência do Solo. Coordenador da Comissão de Levantamento e Classificação do Solo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2019 -2023). Orienta no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo/UFPB e Ciências Ambientais/UFAM. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Ciência do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: Gênese e Morfologia do Solo; Mineralogia do Solo e Relação Solo-Paisagem.

**DOUGLAS MARCELO PINHEIRO DA SILVA** - Graduação em Agronomia (2011), pela Universidade Federal do Amazonas, Mestrado (2013), em Produção Vegetal na Universidade Federal do Amazonas e Doutorado (Horticultura) pela Universidade Estadual Paulista (2019). É Professor Adjunto I do quadro permanente da Universidade Federal do Amazonas, do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA/ UFAM) e Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental da UFAM, É Vice-líder do Grupo de Pesquisa Solos e Ambiente Amazônico. Está atuando na área de Agronomia, atuando nos seguintes temas: física do solo, fertirrigação, irrigação e produção de hortaliças.

**RENATO FRANCISCO DA SILVA SOUZA** - Pesquisador bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas. Doutor em Ciência do Solo, Mestre em Agronomia e Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Paraíba. Desenvolve pesquisas na área de ciclagem biogeoquímica com ênfase em C, N e água.

The background of the cover is a grayscale photograph of a soil profile. A vertical ruler is placed on the left side of the profile, with markings in centimeters from 0 to 140. The soil shows various layers and textures, with some roots visible. The title 'SOLOS AMAZÔNICOS:' is printed in large, white, sans-serif capital letters across the upper portion of the image.

# SOLOS AMAZÔNICOS:

---

Qualidade estrutural, físico, químico  
e suas correlações geoespacial  
no Sul do Amazonas

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

# SOLOS AMAZÔNICOS:

---

Qualidade estrutural, físico, químico  
e suas correlações geoespacial  
no Sul do Amazonas

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