

TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

Atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO₂ em solos sob diferentes usos na região Sul do Amazonas

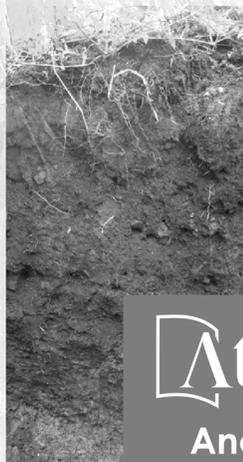
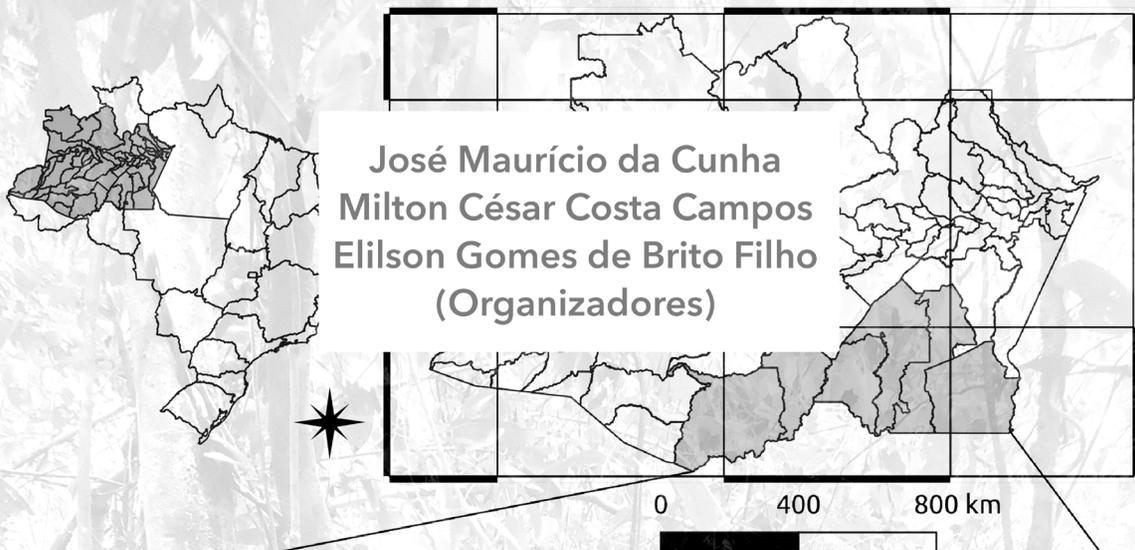


Atena
Editora

Ano 2021

TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

Atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO₂ em solos sob diferentes usos na região Sul do Amazonas



Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 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 Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof^ª Dr^ª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof. Me. Marcos Roberto Gregolin – Agência de Desenvolvimento Regional do Extremo Oeste do Paraná
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Sulivan Pereira Dantas – Prefeitura Municipal de Fortaleza
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Universidade Estadual do Ceará
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Terra Preta Arqueológica: atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO2 em solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os autores
Organizadores: José Maurício da Cunha
Milton César Costa Campos
Elilson Gomes de Brito Filho

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T323 Terra Preta Arqueológica: atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO2 em solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas / Organizadores José Maurício da Cunha, Milton César Costa Campos, Elilson Gomes de Brito Filho. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-220-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.200210707>

1. Solos amazônicos. 2. Solos antrópicos. I. Cunha, José Maurício da (Organizador). II. Campos, Milton César Costa (Organizador). III. Brito Filho, Elilson Gomes de (Organizador). IV. Título.

CDD 631.409811

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

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 permite 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

A ocorrência de manchas de solos alterados e/ou formadas por populações pré-colombianas no ambiente amazônico são conhecidas como Terras Pretas Arqueológicas, Terra Preta de Índio, Terra Preta Antropogênica e Terra Mulata. A fertilidade e resiliência desses solos, não só atraem agricultores locais, mas também cientistas que buscam entender como esses solos se formaram e como o conhecimento sobre eles pode ajudar a maior produtividade e sustentabilidade dos solos tropicais. Os solos antropogênicos amazônicos têm sido alvo de diversos estudos, com destaque para aqueles voltados a entender as origens das Terras Pretas de Índio, mas até o momento sua origem é controversa entre os pesquisadores. Diversas hipóteses têm sido sugeridas para a formação destas unidades pedológicas, a mais aceita é que o homem pré-colombiano os formou de forma não intencional.

As Terras Pretas de Índio (TPI) são caracterizadas por apresentarem horizonte A antropogênico e ocorrem em antigos assentamentos contendo artefatos culturais, como fragmentos de cerâmica, e sua coloração escura resulta do acúmulo de matéria orgânica decomposta na forma de carbono pirogênico como resíduo de incêndios domésticos e queima por uso da terra agrícola. Esses solos podem ocorrer em vários tipos de solo, especialmente Latossolos, Argissolos, Cambissolos e Neossolos. Estes solos ocorrem em pontos descontínuos em toda a região amazônica, particularmente no Brasil, Colômbia, Guiana, Equador, Peru e Venezuela e as manchas de solo têm tamanhos que variam de um a 500 hectares, mas a maioria (cerca de 80%) tem tamanhos de dois a cinco hectares. Geralmente estão distribuídos em elevações marginais, posição topográfica que permite boa visibilidade em seu entorno, próximo a cursos d'água, que podem ser de águas claras de cor branca ou preta. Diante disso, o presente trabalho aborda uma síntese de temas relacionados aos estudos das Terras Pretas de Índio, contribuindo com a comunidade científica em geral para a divulgação de estudos em solos antrópicos amazônicos, além de difundir junto à comunidade local a importância do uso adequado do solo da região, de forma que possa usufruir de seus benefícios de maneira sustentável.

Dessa forma, apresenta-se a coletânea de trabalhos elaborado por trinta e um pesquisadores da área distribuídos em quinze capítulos, neste consta aspectos da pedogênese, caracterização dos atributos, classificação dos solos e uso e manejo das Terras Pretas de Índio na Amazônia brasileira. Além disso, relaciona os atributos físicos, químicos e morfológicos dos solos sob TPI em comparação às diversas coberturas vegetais regionais. Acrescenta-se ainda que nestes capítulos, encontram-se estudos de caracterizações dos atributos, bem como o uso de ferramentas de análises de comparação dos atributos das TPI's, como a geoestatística, estatística univariada e multivariada, sendo a primeira uma ferramenta muito útil para o mapeamento digital de solos, mostrando a

importância da mesma no estudo da distribuição espacial dos atributos como forma de validação qualitativa dos métodos.

Destaca-se que ao sintetizar as ideias de cada tema, este trabalho se torna um instrumento de base para os alunos de graduação, pós-graduação e pesquisadores de áreas multidisciplinares, além de produtores rurais local e regional, haja vistas que apresenta uma perspectiva diagnóstica das Terras Pretas de Índio da Amazônia, a fim de que possa contribuir na orientação e tomada de decisão junto a essas comunidades. Para cada tema, há uma introdução inicial que justifica o estado da arte para as pesquisas em áreas de Terras Pretas de Índio, dando relevância às atividades relacionada tanto às caracterizações do solo, quanto ao uso e manejo adequado do solo. É importante destacar que este documento não tem como único fim ilustrar aspectos ligados a gênese das TPI's e a importância do uso e manejo adequado do solo. Mas como está escrito em linguagem de fácil compreensão, ele também é voltado para alunos de ensino médio que podem se confrontar com o desejo de atuar na área de Ciências Ambientais e Agronômicas.

Agradecemos à Pro-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESP) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), que apoiou a realização deste livro através do EDITAL no 24/2020 – PROPESP/UFAM: PROGRAMA DE APOIO À PUBLICAÇÃO DE LIVROS – 2020, no projeto “**CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS ANTRÓPICOS E NÃO ANTRÓPICOS NA REGIÃO SUL-SUDESTE DO AMAZONAS.**

”.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE TERRAS PRETAS ARQUEOLÓGICAS NO SUL DO ESTADO DO AMAZONAS

Luís Antônio Coutrim dos Santos
Milton César Costa Campos
Renato Eleotério de Aquino
Anderson Cristian Bergamin
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
José Maurício da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.2002107071

CAPÍTULO 2..... 20

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE TERRAS PRETAS ARQUEOLÓGICAS E DE SOLOS NÃO ANTROPOGÊNICOS NA REGIÃO DE MANICORÉ, AM

Milton César Costa Campos
Luís Antônio Coutrim dos Santos
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
Bruno Campos Mantovanelli
Marcelo Dayron Rodrigues Soares
José Maurício da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.2002107072

CAPÍTULO 3..... 33

VARIAÇÃO ESPACIAL DA ESTABILIDADE DOS AGREGADOS E ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREA DE TERRA PRETA ARQUEOLOGICA SOB CULTIVO DE CACAU

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
Milton César Costa Campos
Leandro Coutinho Alho
José Maurício da Cunha
Bruno Campos Mantovanelli

DOI 10.22533/at.ed.2002107073

CAPÍTULO 4..... 46

EMISSÃO DE CO₂ DO SOLO EM ÁREAS DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA NA REGIÃO AMAZÔNICA

José Maurício da Cunha
Milton César Costa Campos
Denilton Carlos Gaio
Zigomar Menezes de Souza
Marcelo Dayron Rodrigues Soares
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
Emily Lira Simões

DOI 10.22533/at.ed.2002107074

CAPÍTULO 5..... 67

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO EFLUXO DE CO₂ EM ÁREA DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA SOB CULTIVO DE CACAU E CAFÉ NO MUNICÍPIO DE APUÍ, AM

Milton César Costa Campos
Leandro Coutinho Alho
Marcelo Dayron Rodrigues Soares
Diogo André Pinheiro da Silva
José Maurício da Cunha
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

DOI 10.22533/at.ed.2002107075

CAPÍTULO 6..... 80

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ÁREA DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA SOB PASTAGEM EM MANICORÉ, AM

Marcelo Dayron Rodrigues Soares
Milton César Costa Campos
Zigomar Menezes de Souza
Wildson Benedito Mendes Brito
José Mauricio da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.2002107076

CAPÍTULO 7..... 93

VARIABILIDADE ESPACIAL DO ESTOQUE DE CARBONO E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA SOB PASTAGEM

Marcelo Dayron Rodrigues Soares
Milton César Costa Campos
José Maurício da Cunha
Zigomar Menezes de Souza
Ivanildo Amorim de Oliveira
Renato Eleotério de Aquino
Bruno Campos Mantovanelli

DOI 10.22533/at.ed.2002107077

CAPÍTULO 8..... 106

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM TERRA PRETA DE ÍNDIO SOB CULTIVO DE CAFÉ CONILON

Pedro Cardoso Mota Júnior
Milton César Costa Campos
Bruno Campos Mantovanelli
Uilson Franciscon
José Mauricio da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.2002107078

CAPÍTULO 9..... 122

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREAS DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA SOB PASTAGEM E FEIJÃO GUANDU EM NOVO ARIPUANÃ, AM

José Maurício da Cunha

Denilton Carlos Gaio
Milton César Costa Campos
Marcelo Dayron Rodrigues Soares
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
Alan Ferreira Leite de Lima

DOI 10.22533/at.ed.2002107079

CAPÍTULO 10..... 144

VARIABILIDADE ESPACIAL DA TEXTURA DO SOLO EM ÁREA DE TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA SOB DIFERENTES USOS NA REGIÃO SUL DO AMAZONAS

Elilson Gomes de Brito Filho
Bruno Campos Mantovanelli
Wildson Benedito Mendes Brito
Julimar Fonseca da Silva
Milton César Costa Campos
José Maurício da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.20021070710

CAPÍTULO 11..... 153

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS DO SOLO EM ÁREA DE TERRA PRETA ARQUEOLOGICA SOB CULTIVO DE CACAU EM APUÍ, AM

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
Milton César Costa Campos
Uilson Franciscon
Leandro Coutinho Alho
Zigomar Menezes de Souza
José Maurício da Cunha
Anderson Cristian Bergamin

DOI 10.22533/at.ed.20021070711

CAPÍTULO 12..... 173

SPATIAL VARIABILITY OF AGGREGATES AND ORGANIC CARBON UNDER THREE DIFFERENT USES OF INDIAN BLACK EARTH IN SOUTHERN AMAZONAS

Romário Pimenta Gomes
Milton César Costa Campos
Marcelo Dayron Rodrigues Soares
Douglas Marcelo Pinheiro Silva
José Maurício Cunha
Uilson Franciscon
Laercio Santos Silva
Ivanildo Amorim Oliveira
Wildson Benedito Mendes Brito

DOI 10.22533/at.ed.20021070712

CAPÍTULO 13..... 187

FRactal FEATURES OF SOIL TEXTURE AND PHYSICAL ATTRIBUTES IN ARCHAEOLOGICAL DARK EARTH UNDER DIFFERENT USES IN WESTERN AMAZON

Half Weinberg Corrêa Jordão

Milton César Costa Campos
José Maurício da Cunha
Ivanildo Amorim de Oliveira
Laércio Santos Silva
Ludmila de Freitas
Romário Pimenta Gomes
Elilson Gomes de Brito Filho
Bruno Campos Mantovanelli

DOI 10.22533/at.ed.20021070713

CAPÍTULO 14.....206

SPATIAL VARIATION OF CHEMICAL ATTRIBUTES IN ARCHAEOLOGICAL DARK EARTH UNDER COCOA CULTIVATION IN WESTERN AMAZON

Ronerés Deniz Barbosa
Alan Ferreira Leite de Lima
Elilson Gomes de Brito Filho
Milton César Costa Campos
José Maurício da Cunha
Bruno Campos Mantovanelli
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva
Fernando Gomes de Souza

DOI 10.22533/at.ed.20021070714

CAPÍTULO 15.....225

VARIABILITY AND SPATIAL CORRELATION OF AGGREGATES AND ORGANIC CARBON IN INDIAN DARK EARTH IN APUÍ REGION, AM

Romário Pimenta Gomes
Milton César Costa Campos
Wildson Benedito Mendes Brito
José Maurício da Cunha
Laércio Santos Silva
Ivanildo Amorim Oliveira
Ludmila de Freitas

DOI 10.22533/at.ed.20021070715

SOBRE OS ORGANIZADORES239

CAPÍTULO 7

VARIABILIDADE ESPACIAL DO ESTOQUE DE CARBONO E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA SOB PASTAGEM

Data de aceite: 18/05/2021

Data de submissão: 11/05/2021

Bruno Campos Mantovanelli

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0003-4291-1729>

Marcelo Dayron Rodrigues Soares

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -
Universidade Federal do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<https://orcid.org/0000-0003-2942-5320>

Milton César Costa Campos

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

José Maurício da Cunha

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

Zigomar Menezes de Souza

Faculdade de Engenharia Agrícola –
Universidade Estadual de Campinas
Campinas – São Paulo
<https://orcid.org/0000-0001-9302-6725>

Ivanildo Amorim de Oliveira

Instituto Federal de Rondônia
Ariquemes – Rondônia
<https://orcid.org/0000-0003-2299-3229>

Renato Eleotério de Aquino

Instituto Federal de Rondônia
Colorado do Oeste – Rondônia
<http://orcid.org/0000-0003-0267-6592>

RESUMO: Algumas áreas de Terra Preta Arqueológica na Amazônia vêm sendo utilizadas com pastagem o que tem gerado grande preocupação quanto às alterações dos atributos físicos e o estado de agregação do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade espacial e as possíveis modificações dos atributos físicos e agregados do solo em terra preta arqueológica sob pastagem. Uma grade de 80 x 56m foi usada e a amostragem realizada em 88 pontos em disposição de 8 x 8m. Nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20m foram avaliados: a densidade do solo (Ds), carbono orgânico total (COT), estoque de carbono (Est C), diâmetro médio ponderado (DMP), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e volume total de poros (VTP). Pelo exame de semivariogramas constatou-se a ocorrência de dependência espacial. Mesmo a área de estudo sendo em pastagem observou-se que os valores de Ds, Macro e VTP, estiveram acima ou abaixo dos valores de referências que podem causar restrição ao crescimento radicular de plantas e à infiltração de água no solo. O DMP e Ds foram dependentes do COT, pois os valores de ambos aumentam ou diminuem de acordo com a camada. Com o aumento da camada do solo, houve o acréscimo do estoque de carbono.

PALAVRAS-CHAVE: Estrutura do solo, Geoestatística, Manejo.

SPATIAL VARIABILITY OF PHYSICAL ATTRIBUTES AND SOIL AGGREGATES IN ARCHAEOLOGICAL DARK DIRT UNDER PASTURE

ABSTRACT: Some areas of archaeological dark dirt in the Amazon have been used with pasture that has generated great concern regarding changes in soil physical attributes and its aggregation state. The objective of this study was to evaluate the spatial variability and possible modifications of soil physical and aggregate attributes in archaeological black dirt under pasture. A grid of 80 x 56 m with 88 sampling points distributed in 8 x 8m were marked. Soil layers at 0-0.05, 0.05- 0.10, and 0.10-0.20m were analyzed for: soil density (SD), total organic carbon (TOC), carbon stock (C stock), meanweight diameter (MWD), macroporosity (Macro), microporosity (Micro), and total porosity (TP). From semivariograms tests it was verified the occurrence of spatial dependence. Even with major pasture cover in the study area it was observed that the values of Ds, Macro, and VTP were above or below the reference values, which may cause restriction for root growth of plants and water infiltration in the soil. The DMP and Ds were COT-dependent because values of both increase or decrease depending on the soil layer. When higher the soil layer there was an increase in carbon stock.

KEYWORDS: Geostatistics, management, soil structure.

1 | INTRODUÇÃO

A diversidade geológica existente na Amazônia, aliada ao relevo diferenciado e sob a influência de fortes temperaturas e precipitações resultaram na formação das mais variadas classes de solo. Uma das principais características dos solos da Amazônia, é sua baixa fertilidade, no entanto, os solos denominados de terras pretas arqueológicas (TPAs) ocorrentes nessa região, têm se destacado com sua elevada fertilidade natural.

As terras pretas arqueológicas são solos com características de coloração escura, com presença de fragmentos cerâmicos e/ou líticos incorporados aos seus horizontes mais superficiais (KÄMPF & KERN, 2005) e apresentam teor alto a muito alto de fósforo disponível (CAMPOS et al., 2011). Esses solos ocorrem em manchas descontínuas por toda a Amazônia e tem como destinação principal o plantio de subsistência pelas populações locais. Devido ao pouco conhecimento do potencial agrícola, essas áreas vêm sendo convertidas em áreas de pastagens, principalmente na região sul do Amazonas, por sistemas extrativistas rudimentares que promovem modificações nos atributos físicos do solo.

Dentre os atributos físicos mais sensíveis a essas mudanças, destacam-se: a estabilidade de agregados, densidade do solo, a macroporosidade e teor de carbono orgânico. Tais atributos são indicadores utilizados para verificar as alterações no solo (VASCONCELOS et al., 2010; VIEIRA et al., 2011). Dentre as diversas maneiras de verificar mudanças nos atributos do solo, a análise geoestatística é uma das mais eficazes (ALHO et al., 2014). O comportamento dos atributos físicos pode ser monitorado pela distribuição espacial. Segundo Souza et al. (2004), os atributos físicos variam entre pontos relativamente próximos em área de mesma unidade taxonômica, muitas vezes de forma significativa.

Dado à necessidade de entender a variabilidade espacial dos atributos físicos e o carbono orgânico do solo, vários estudos já foram realizados enfatizando variações causadas pelo próprio uso e manejo em áreas de TPAs (AQUINO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2013), porém é escassa ou não há informações que tratam a variabilidade espacial dessas áreas sob pastagem.

Dessa forma, nesse trabalho objetivou-se verificar a variabilidade espacial dos atributos físicos e o estado de agregação do solo em área de terra preta arqueológica sob pastagem na região de Manicoré, AM.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está situada no sul do Estado do Amazonas, nas mediações da comunidade de Santo Antônio do Matupi, às margens da BR 230, Transamazônica, região de Manicoré, AM. As coordenadas geográficas são 07° 53' 36 84" de latitude Sul e 61° 23'54,49" de longitude Oeste e com altitude média de 83 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo tropical chuvoso, apresentando um período seco de pequena duração (Am), temperaturas variando entre 25 e 27 °C e precipitação média anual de 2.500 mm (Brasil, 1978).

O material de origem é proveniente da Formação Içá, caracterizada com produto de sedimentação pleistocênica, coberta por depósitos eólicos. O relevo é constituído por platôs com superfícies planas, sendo a zona de borda marcada por colinas e cristas alinhadas e localmente escarpadas (CPRM, 2001). A pastagem foi implantada há 07 anos sob pastejo extensivo, sob o cultivo de *Brachiaria brizanta*. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo.

Estabeleceu-se uma malha amostral de 80 x 56 m que continham 88 pontos de amostragem georreferenciados dispostos em malha de 8 x 8 m. Em cada ponto realizou-se a coleta de solo para as amostras deformadas e indeformadas nas camadas: 0-0,05; 0,05-0,010 e 0,10-0,20 m (Figura 1).

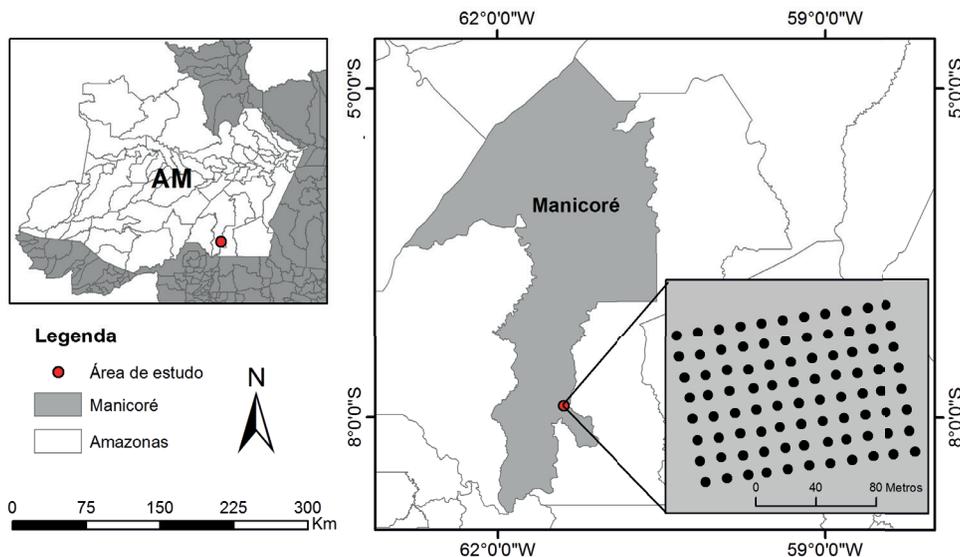


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo e malha amostral.

O estado de agregação das amostras de solo foi avaliado pelo índice de diâmetro médio ponderado (DMP), por via úmida, conforme metodologia descrita por Kemper & Chepil (1965). As amostras de solos foram retiradas em forma de blocos, as quais foram secas ao ar e passadas em peneiras de 9,52 mm e 4,76 mm. Em seguida, os agregados retidos na peneira de 4,76 mm foram empregados na análise da estabilidade de agregados via úmida, colocadas sobre um jogo de peneiras com tamisagem de 2,0 mm; 1,0 mm; 0,5 mm; 0,25 mm; 0,105 mm; e 0,063 mm e submetendo-os a oscilações verticais. Transcorridos 15 min, as porções retidas em cada peneira, foram transferidas para potes de alumínio com auxílio de jatos de água, e secas em estufa a 105°C por um período de 24 h para posterior pesagem.

O carbono orgânico total (COT) foi determinado pelo método de Walkley-Black modificado por Yomans & Bremner (1988). O estoque de carbono (Est C) foi determinado pela expressão proposta por Veldkamp (1994): $Est\ C = (CO \times Ds \times e) / 10$, em que Est C = estoque de carbono orgânico ($Mg\ ha^{-1}$); COT = teor de carbono orgânico total ($g\ kg^{-1}$); Ds = densidade do solo ($kg\ dm^{-3}$); e = espessura da camada (cm).

As amostras de solo indeformadas foram saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água até atingir cerca de 2/3 da altura do anel. O volume total de poros (VTP) foi obtida pela diferença entre a massa do solo saturado e a massa do solo seco em estufa a 105 °C durante 24 h. A microporosidade (Micro) do solo foi determinada pelo método da mesa de tensão a 6 kPa, conforme Embrapa (1997). Pela diferença entre a VTP e a Micro, obteve-se a macroporosidade (Macro). A densidade do solo (Ds) foi calculada

pela relação entre a massa seca a 105 °C durante 24 h da amostra de solo do cilindro volumétrico e o volume do mesmo.

A caracterização da variabilidade espacial, foi utilizada a análise geoestatística. O semivariograma experimental foi estimado pela Eq. (1).

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

em que:

$\gamma(h)$ - semivariância estimada a partir dos dados experimentais;

Z - valores medidos nos pontos x_i e $x_i + h$;

N(h) - número de pares de valores medidos separados por uma distância h;

Com os dados obtidos, foram efetuados a estatística descritiva dos dados e a hipótese de normalidade avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov por meio do software Minitab 14. Os semivariogramas foram ajustados ao melhor modelo matemático por meio da validação cruzada (VC) "cross-validation" e coeficiente de terminação (R^2) pelo software GS+. Para a confecção dos mapas espaciais utilizou-se o software Surfer versão 8.0.

O grau de variabilidade foi estimado pelo coeficiente de variação (CV) dos atributos, conforme sugerido por Warrick & Nielsen (1980) que consideram baixa variabilidade quando $CV < 12\%$; média para o intervalo 12-60% e alta variabilidade quando $CV > 60\%$. A análise do grau de dependência espacial (GDE) foi realizada segundo Cambardella et al. (1994) que preconizam a proporção em porcentagem do efeito pepita (C_0) em relação ao patamar ($C_0 + C_1$) e apresentam: (a) dependência forte $< 25\%$; (b) dependência moderada entre 25 e 75% e (c) dependência fraca $> 75\%$.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise descritiva dos dados indicaram ajuste a uma distribuição normal (Tabela 1). Os índices de assimetria e curtose apresentaram valores próximos de zero, com exceção do DMP e Micro na camada 0,05-0,10m. A média e a mediana para todos dos atributos foram próximos. De acordo com Campos et al. (2013), quando uma distribuição é simétrica, os valores da média e mediana são coincidentes. Em todos os casos, com exceção para o DMP, os atributos ajustaram-se à distribuição normal determinada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Os valores médios de densidade do solo foram baixos, variando entre 1,27 e 1,29 kg cm^{-3} , semelhantes aos valores obtidos por Santos et al. (2013) em estudos com TPA's. Segundo Steinbeiss et al. (2009), a baixa Ds está relacionada aos altos teores de carbono orgânico e a intensa atividade biológica. Os dados deste trabalho demonstram o efeito do pisoteio dos animais sobre a Ds nas camadas superficiais. O mesmo foi observado por Conte et al. (2011), os quais relataram aumento da Ds na camada 0-0,05 m.

Estatística descritiva	DMP	Ds	Est C	COT	Macro	Micro	VTP
	(mm)	kg cm ⁻³	Mg há ⁻¹	g kg ⁻¹	-----m m ³ -----		
0-0,05m							
Média	3,14	1,29	88,92	137,06	0,11	0,24	0,39
Mediana	3,16	1,30	89,05	136,93	0,12	0,23	0,38
CV ¹	3,14	9,13	8,75	4,06	23,47	11,74	8,81
Curtose	0,71	-0,01	-0,10	1,49	0,55	2,98	1,52
Assimetria	1,03	0,37	-0,33	-0,72	0,47	0,05	0,37
d ²	0,03 ^{ns}	0,15 [*]	0,15 [*]	0,15 [*]	0,08 [*]	0,08 [*]	0,09 [*]
0,05-0,10m							
Média	3,12	1,27	86,16	135,28	0,18	0,24	0,42
Mediana	3,19	1,29	86,75	135,56	0,17	0,23	0,40
CV ¹	5,52	8,05	7,22	1,68	21,43	11,08	9,09
Curtose	7,74	-0,74	-0,67	0,41	1,07	4,78	0,59
Assimetria	-2,49	0,17	-0,15	-0,68	0,57	1,18	0,10
d ²	0,01 ^{ns}	0,15 [*]	0,15 [*]	0,15 [*]	0,15 [*]	0,15 [*]	0,15 [*]
0,10-0,20m							
Média	3,01	1,27	164,19	133,91	0,22	0,21	0,43
Mediana	3,07	1,23	163,9	134,1	0,23	0,21	0,44
CV ¹	6,55	8,39	7,69	1,56	15,07	11,84	7,67
Curtose	0,59	0,10	0,20	1,18	0,03	1,26	-0,16
Assimetria	-1,01	0,22	0,16	0,50	0,07	0,69	0,17
d ²	0,01 ^{ns}	0,15 [*]	0,15 [*]	0,15 [*]	0,15 [*]	0,09 [*]	0,15 [*]

¹CV: coeficiente de variação; ²d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, *significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Medidas descritivas dos dados do diâmetro médio ponderado (DMP), densidade do solo (Ds), carbono orgânico total (COT), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), volume total de poros (VTP) em diferentes camadas.

Quanto a agregação do solo, observou-se que os agregados estáveis e de maior diâmetro (DMP), foram encontrados, de forma que constante nas camadas de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m. Os menores valores foram verificados na camada 0,10-0,20 m. Em estudos realizados com agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas de manejo, Salton et al. (2008), observou o efeito dos sistemas de manejo, com presença de pastagens, na variação do DMP em camada, sendo reduzido à medida que aumenta a camada avaliada.

Macroagregados formados por processos físicos, por meio do pisoteio de animais, podem não ser estáveis. Contudo, o que confere maior estabilidade aos agregados são os agentes cimentantes ligados a aspectos biológicos, como a atividade microbiana, liberação de exsudatos por raízes, crescimento e funcionamento das raízes, crescimento e morte dos tecidos, entre outros. A utilização do DMP como variável isolada, não é um

bom indicativo da qualidade estrutural do solo, pois solos compactados podem apresentar elevada estabilidade de agregados em água e, conseqüentemente, maiores valores de DMP, porém as relações na distribuição entre microporos, macroporos e a porosidade total encontram-se alteradas.

Menores valores do estoque de carbono foram obtidos nas duas camadas superficiais, o que foi influenciado, principalmente, pelos maiores valores de densidade do solo. Provavelmente, a maior densidade do solo na camada superficial é decorrente do pisoteio do gado. O maior valor do estoque de carbono foi encontrado na última camada. Ao estudarem os estoques de carbono em tabuleiros costeiros cultivados com cana-de-açúcar, Chaves & Farias (2008) observaram maiores estoques de carbono na camada 0-0,30 m.

Os coeficientes de variação (CV) indicaram homogeneidade dos dados ($CV < 12$) segundo Warrick & Nielsen (1980). Como exceção, a macroporosidade teve valores de CV medianos (23,47, 21,4 e 15,07% respectivamente), em concordância com os resultados obtidos por Aquino et al. (2014) em estudo com área de pastagem, e Aquino et al. (2014) em área com TPA.

Constatou-se que os valores médios da Micro permaneceram praticamente constantes nas duas primeiras camadas, com pequena diminuição na última camada. Já a macroporosidade e a porosidade total apresentaram comportamento inverso. Para Santos et al. (2012), o crescimento das raízes pode ser prejudicada quando a macroporosidade do solo é reduzida a valor inferior a $0,15\text{m}^3\text{m}^{-3}$. Os resultados obtidos podem ser consequência do pisoteio dos animais, que modificam o tamanho de agregados e aumentam a proporção de microporos em relação aos macroporos, principalmente na camada superficial.

Os parâmetros dos modelos ajustados aos semivariogramas para os diferentes atributos são apresentados na Tabela 2. Os valores da validação cruzada (VC) oscilaram entre 0,61 e 1,01. De acordo com Alho et al. (2014) quanto mais próximos de 1 a VC, maior a confiabilidade e mais eficiente o modelo para representar o estudo. O coeficiente de determinação (r^2) dos semivariogramas revelam ótimos ajustes, oscilando entre 0,52 e 0,97. Todavia, é válido considerar que os atributos tiveram os menores valores de C_0 , indicando uma maior representatividade da variabilidade espacial destes atributos na área de estudo.

A variação da razão de dependência (RD) foi de 3 a 50 indicando que os atributos apresentam um máximo de 50% de aleatoriedade nos dados de amostragem. Todos os atributos apresentaram dependência espacial, segundo Cambardella et al. (1994), a RD foi classificada, como forte e moderada. Lima et al. (2010) afirmam que quanto maior a dependência espacial da variável melhor estrutura espacial e maior precisão podem ser obtidas na estimativa em locais não amostrados.

Parâmetros	DMP	Ds	Est C	COT	Macro	Micro	VTP
	0-0,05m						
Modelo	Esf.	Esf.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Esf.
C ₀	0,0035	0,0003	5,4000	6,4100	0,9100	0,9000	0,30
C ₀₊ C ₁	0,0073	0,0123	48,84	20,5900	8,5410	7,7080	8,11
¹ RD	49	3	11	31	11	12	11
a (m)	53	14	17	28	19	15	13
r ²	0,85	0,92	0,94	0,80	0,88	0,52	0,70
³ VC	0,89	0,82	0,78	0,83	0,70	0,76	0,96
0,05-0,10m							
Modelo	Esf.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.
C ₀	0,0013	0,00127	4,10	0,4600	1,2400	1,2100	1,46
C ₀₊ C ₁	0,0275	0,0099	36,57	4,4690	11,7900	6,0080	12,07
¹ RD	5	13	11	10	11	20	12
a (m)	21	24	15	17	19	34	17
r ²	0,90	0,97	0,91	0,74	0,90	0,61	0,84
² VC	0,69	0,88	0,72	0,82	0,67	1,01	0,65
0,10-0,20m							
Modelo	Exp.	Exp.	Esf.	Esf.	Exp.	Exp.	Exp.
C ₀	0,0040	0,0011	5,70	2,251	1,0500	0,5200	5,7700
C ₀₊ C ₁	0,0354	0,0088	130,3	4,5030	9,5500	4,2670	11,550
¹ RD	11	12	4	50	11	12	50
a (m)	17	21	14	43	19	19	53
r ²	0,69	0,85	0,75	0,91	0,88	0,94	0,94
² VC	0,99	0,98	0,95	0,81	0,61	0,80	0,72

DMP: diâmetro médio ponderado; Ds: Densidade do solo; COT: carbono orgânico total; Esf.:Esférico; Exp.: Exponencial; C₀: efeito pepita; C₀₊C₁: patamar; ¹RD: razão de dependência espacial; r²: coeficiente de determinação; ²VC: validação cruzada.

Tabela 2. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais em área dos atributos do solo em diferentes camadas.

Os atributos DMP, Ds, Est C, COT, Macro, Micro e VTP, apresentaram estruturas de dependência espacial, conforme demonstrado pelos ajustes ao modelo esférico e exponencial. De maneira geral, os atributos que mostraram maior e menor continuidade espacial foi o DMP e Ds na camada superficial. O DMP se ajustou ao modelo esférico, com um raio de dependência espacial de 53 m (alcance) e um RD de 49% de aleatoriedade nos dados; para a Ds, o modelo foi o esférico, com um raio de dependência espacial de 14 m, e uma razão de aleatoriedade de 3%.

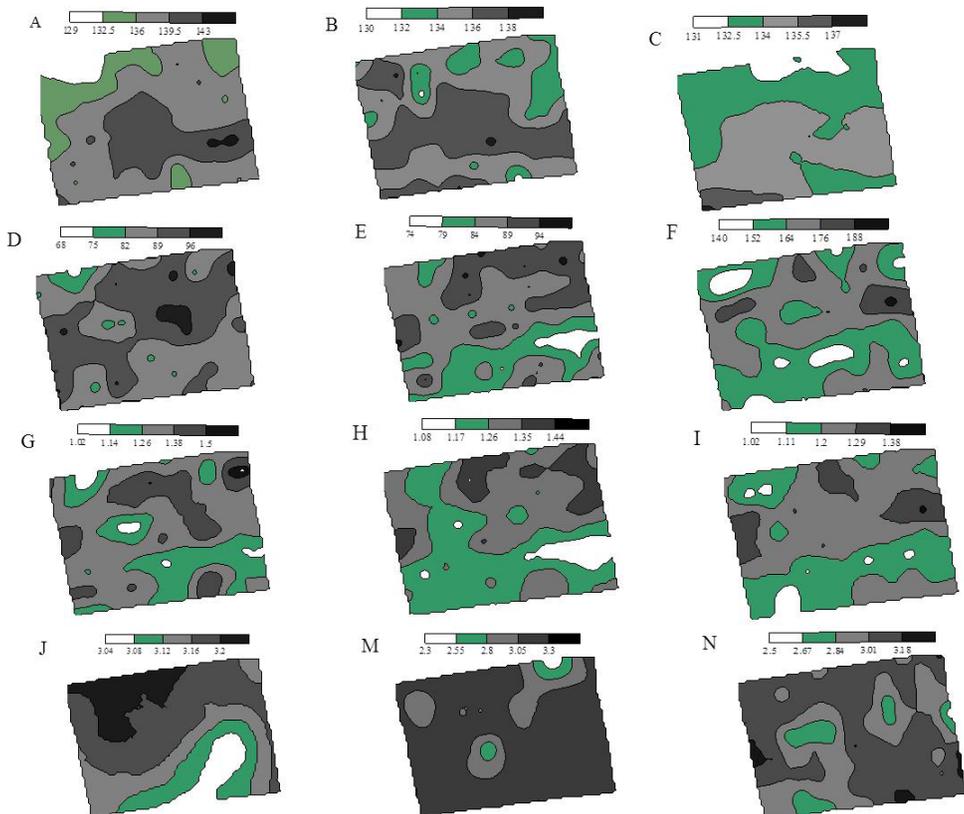


Figura 2. Mapas de distribuição espacial nas camadas 0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, respectivamente para o carbono orgânico total (COT: A, B e C); estoque de carbono (Est C.: D, E e F); densidade do solo (Ds: G, H e I); diâmetro médio ponderado (DMP: J, M e N).

Observando os mapas de krigagem para o COT e DMP (Figura 2) pode-se afirmar que há relação espacial, visto que, as escalas de solo que apresentam os maiores valores do DMP nas camadas de 0-0,05, e 0,05-0,10 m, coincidem, onde há predominância dos maiores valores do COT. Enfatizando a importância do COT para agregação do solo (Rozane et al., 2010). Em estudo realizado em diferentes manejos, Wending et al. (2015), observou que o COT em área de pastagem, apresentou maior teor de carbono, quando comparado com outros manejos. Para Santos et al. (2013) os elevados teores de COT são características de TPAs. É válido ressaltar que a agregação do solo pode ser alterada de forma direta pelo manejo e indireta por fatores bióticos e abióticos, sendo considerado, como indicador físico de qualidade dos solos.

Observa-se que os menores valores de Est C ocorreram nas camadas 0-0,05 e 0,05-0,10 m, havendo um acréscimo na camada de 0,20-0,30 m, influenciado pelos maiores valores de Ds. Provavelmente, os maiores valores de Ds na camada superficial é atribuído ao pisoteio animal, uma vez que, é notório a sua influência nas áreas periféricas, ou seja,

nas bordas do mapa. Em estudos realizado por Alho et al. (2014) com agregados e estoque de carbono em campo natural e floresta, relataram que o conteúdo de COT foi determinante para os resultados de Est C.

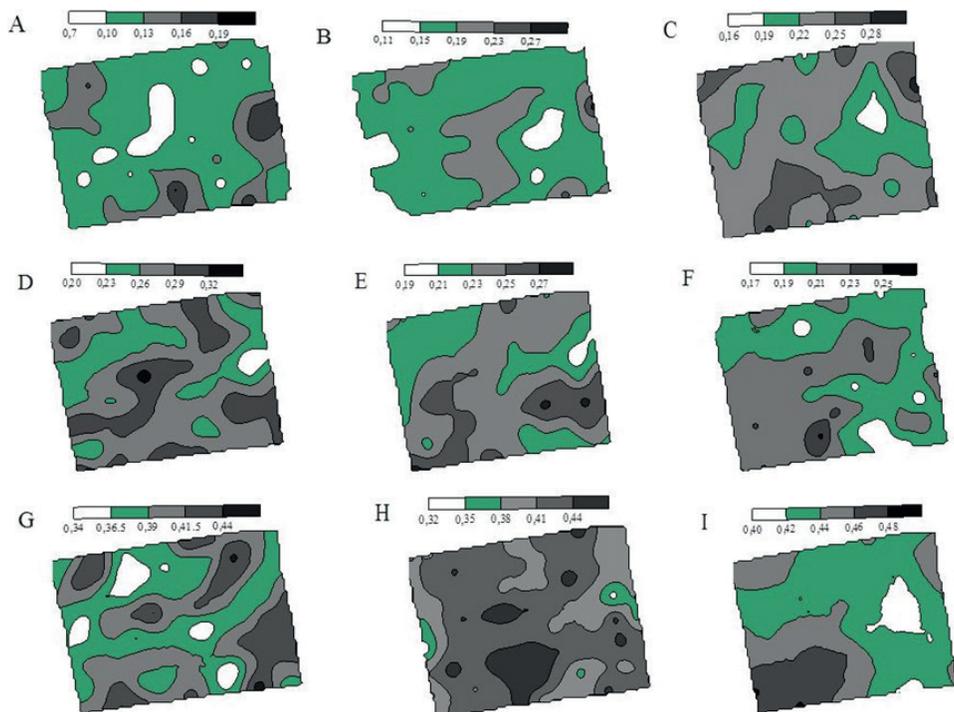


Figura 3. Mapas de distribuição espacial nas camadas 0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, respectivamente para a macroporosidade (Macro: A, B e C), microporosidade (Micro: D, E e F) e volume total de poros (VTP: G, H e I).

O VTP apresentou correlação positiva com a Macro, o qual é verificado nos mapas destes atributos (Figura 3). A Macro é um atributo inteiramente ligado ao crescimento das plantas, e seus valores ficaram acima de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, segundo Kiehl (1979), valores abaixo de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ prejudicam o desenvolvimento das raízes, a infiltração de água e aeração do solo. Observa-se que os maiores valores da Micro se concentram na camada superficial ($0,32 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), indicando uma forte relação com a D_s (Figura 2). Já o VTP, apresentou seus valores quase contínuos nas primeiras camadas, com acréscimo considerável na última camada.

4 | CONCLUSÕES

O pisoteio animal provocou modificações no tamanho de agregados e aumento da proporção de microporos em relação aos macroporos, principalmente na camada

superficial.

O DMP e a Ds apresentaram dependência de COT, pois os valores de ambos atributos aumentam ou diminuem de acordo com a camada.

Em camadas, os estoques de carbono estiveram mais relacionados à densidade do solo do que propriamente aos teores de carbono orgânico.

REFERÊNCIAS

- ALHO, L. C., CAMPOS, M. C. C., SILVA, D. M. P., MANTOVANELLI, B. C., SOUZA, Z. M. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em Cambissolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p.246-254, 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 Ciência do Solo**, v.38, p.397-406, 2014.
- AQUINO, R. E., CAMPOS, M. C. C., OLIVEIRA, I. A. MARQUES JÚNIOR, J., SILVA, D. M. P., SILVA, D. A. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos antropogênico e não antropogênico na região de Manicoré, **Am. Bioscience Journal**, v. 30, p.988-997, 2014a.
- BRASIL. **Ministério das Minas e Energia**. Projeto Radambrasil, folha SB. 20, Purus. Rio de Janeiro, 1978. 561 p.
- 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 soils. **Soil Science Society**, v. 58, p.1501-1511, 1994.
- CAMPOS, M. C. C. RIBEIRO, M. R., SOUZA JÚNIOR, M. S., RIBEIRO FILHO, M. R., SOUZA, R. V. C. C., ALMEIDA, M. C. Caracterização e classificação de terras pretas arqueológicas na Região do Médio Rio Madeira. **Bragantia**, v.70, n.3, p.598-609, 2011.
- CAMPOS, M. C. 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 On-line**, v. 6, p. 102-109, 2012.
- CAMPOS, M.C.C., SOARES, M.D.R., SANTOS, L.A.C., OLIVEIRA, I.A. & AQUINO, E.A. Spatial variability of physical attributes in Alfissol under agroforestry, Humaitá region, Amazonas state, Brazil. **Revista Ciência Agrária**, v.56, p.149-159, 2013.
- CHAVES, L. H. G., FARIAS, C. H. A. Variabilidade espacial do estoque de carbono nos Tabuleiros Costeiros da Paraíba: Solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, p. 20-25, 2008.
- CONTE, O., WESP, C. L., ANGHINONI, I, CARVALHO, P. C. F., LEVIEN, R. NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 579-587, 2011.

CPRM. Centro de Pesquisa de Recursos Minerais. Hidroclimatologia, geologia, recursos minerais, geomorfologia e unidades de paisagens. Manaus, 2001. 93p. (Relatório Técnico).

EMBRAPA - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.

KÄMPF, N. & KERN, D. C. O solo como registro da ocupação humana pré-histórica na Amazônia. In: Torradovidal, P., Alleoni, L. R. F., Cooper, M. & Silva, A.P., (eds). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. p.277-320.

KEMPER, W. D., CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: Black, C. A. (ed.). Methods of soil analysis. Madison: **American Society of Agronomy**, 1965. p.499-510.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia: Relações solo-planta. 1.ed.São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1979. 264p.

LIMA, J. S. S., SOUZA, G. S., SILVA, S. A. Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração. *Revista Árvore*, v.34, p.127-136, 2010.

OLIVEIRA, I. A., CAMPOS, M. C. C., SOARES, M. D. R., AQUINO, R. E., MARQUES JÚNIOR, J., NASCIMENTO, E. P. Variabilidade espacial de atributos físicos em um cambissolo háplico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p.1103-1112, 2013.

ROZANE, D. E., CENTURION, J. F., ROMUALDO, L. M., TANIGUCHI, C. A. K., TRABUCO, M., ALVES, A. U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados em um Latossolo Vermelho distrófico, sob diferentes manejos. *Bioscience Journal*, v. 26, p. 24-32, 2010.

SALTON, J. C., MIELNICZUK, J., BAYER, C., BOENI, M., CONCEIÇÃO, P.C., FABRÍCIO, A.C., MACEDO, M. C. M., BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p. 11-21, 2008.

SANTOS, D., SOUZA, E. G., NÓBREGA, L. H. P., BAZZI, C. L., GONÇALVES JÚNIOR, A. C. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo vermelho após cultivo de soja. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.843-848, 2012.

SANTOS, L. A. C., CAMPOS, M. C. C., AQUINO, R. E., BERGAMIN, A. C., SILVA, D. M. P., MARQUES JUNIOR, J., FRANÇA, A. B. C. Caracterização de terras pretas arqueológicas no Sul do Estado do Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p. 825-836, 2013.

SILVA, F. W. R., LIMA, H. N., TEIXEIRA, W. G., MOTTA, M. B., SANTANA, R. M. Caracterização química e mineralogia de solos antrópicos (Terras Pretas de Índio) na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.673-681, 2011.

Souza, Z. M., Marques Júnior, J., Pereira, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 937-944, 2004.

STEINBEISS, S., GLEIXNER, G., ANTONIETTI, M. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. **Soil Biology and Biochemistry**, v.41, p.1301-1310, 2009.

VASCONCELOS, R. F. B., CANTALICE, J. R. B., OLIVEIRA, V. S., COSTA, Y. D. J., CAVALCANTE, D. M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34, p.309-316. 2010.

VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. **Soil Science Society American Journal**, v. 58, p. 175-180, 1994.

Vieira, S. R., Dechen, S. C. F., Siqueira, G. M., Dufrac, G. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos relacionados com o estado de agregação de dois Latossolos cultivados no sistema de semeadura direta. **Bragantia**, v.70, p.185-195, 2011.

WARRICK, A. W., NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. Applications of soil physics. New York: Academic Press, 1980. p.319-344.

WENDLING, B., VINHA-FREITAS, I. C., OLIVEIRA, R. C. DE, BABATA, M. M., BORGES, E. N., Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, v. 28, p.256-265, 2012.

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

TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

Atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO₂ em solos sob diferentes usos na região Sul do Amazonas



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



@atenaeditora



www.facebook.com/atenaeditora.com.br



0 400 800 km



Atena
Editora

Ano 2021

TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

Atributos morfológicos, físicos, químicos e efluxo de CO₂ em solos sob diferentes usos na região Sul do Amazonas



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



@atenaeditora



www.facebook.com/atenaeditora.com.br



0 400 800 km



Atena
Editora

Ano 2021