

TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA:

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

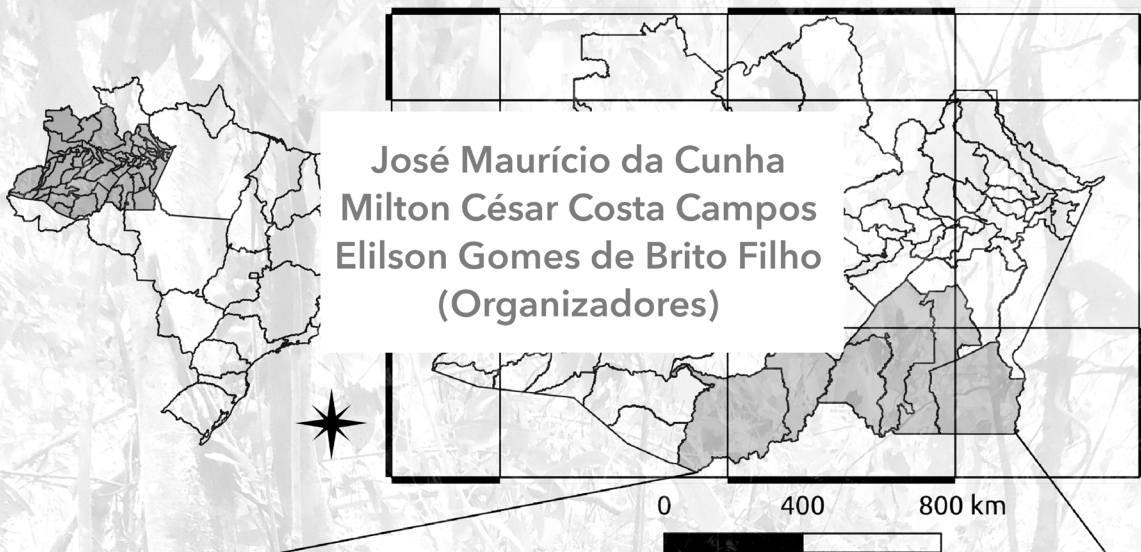


Atena
Editora

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 Federal 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 Andrezza 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 Ituiutaba
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 Cremonesi
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 14

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

Data de aceite: 18/05/2021

Data de submissão: 11/05/2021

Roneres Deniz Barbosa

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente -
Universidade Federal do Amazonas
Humaitá – Amazonas
<http://orcid.org/0000-0003-3325-8625>

Alan Ferreira Leite de Lima

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

Elilson Gomes de Brito Filho

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

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>

Bruno Campos Mantovanelli

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

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

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

Fernando Gomes de Souza

Universidade Federal de Roraima
Boa Vista – Roraima
<https://orcid.org/0000-0001-5653-3939>

ABSTRACT: Archeological Dark Earths (ADEs) are fertility soils that are notoriously superior to the vast majority of soils typical of the Amazon region. The study on ADEs has intensified due to the good characteristics presented by these soils, such as high concentration of nutrients (phosphorus, calcium, magnesium). In this sense, the aim of this study was to evaluate the spatial distribution of soil chemical attributes in an area of black archeological earth soil under cocoa cultivation in the municipality of Apuí (AM). The mapping of a 42 x 88 m mesh, with irregular spacing of 6 x 8 m, totaling 88 points, was carried out, and then soil samples were collected at depths of 0.0-0.05; 0.05-0.10; (pH, O.C, Sto C, (H+Al), P, K, Ca, Mg, SB, CEC and V%). Data were analyzed using descriptive and geostatistical statistics techniques. The mean and median values were adjusted to the near values, indicating normal distribution, while the soil chemical attributes were adjusted to the spherical and exponential semivariograms models. The majority of the attributes presented coefficient of variation (CV) between 12.1 and

60%, characterized as average variability, the variables in the study presented different ranges and most of them had a strong spatial dependence. The geostatistical techniques used allowed the adjustments of the theoretical models that best represented the experimental semivariance, thus enabling the construction of thematic maps of the spatial distribution of the values of the attributes of the studied area.

KEYWORDS: Soil attributes, Descriptive statistics, Geostatistics, Apuí, Spatial distribution.

VARIAÇÃO ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM TERRA PRETA ARQUEOLÓGICA SOB CULTIVO DE CACAU NA AMAZONIA OCIDENTAL

RESUMO: As Terras Pretas Arqueológicas (TPAs) são solos de fertilidade que notoriamente são superiores à grande maioria dos solos típicos da região amazônica. Assim, o uso das TPAs intensificou-se devido às características químicas apresentadas por esses solos, como a alta concentração de nutrientes (fósforo, cálcio, magnésio). Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição espacial dos atributos químicos do solo em uma área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau no município de Apuí (AM). O mapeamento de uma malha de 42 x 88 m, com espaçamento irregular de 6 x 8 m, totalizando 88 pontos, foi realizado e, em seguida, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0,0-0,05; 0,05-0,10; (pH, O.C, Sto. C, (H + Al), P, K, Ca, Mg, SB, CEC e V%). Os dados foram analisados por meio de técnicas estatísticas descritivas e geoestatísticas. Os valores médios e medianos foram ajustados aos valores próximos, indicando distribuição normal, enquanto os atributos químicos do solo foram ajustados aos modelos de semivariogramas esféricos e exponenciais. A maioria dos atributos apresentou coeficiente de variação (CV) entre 12,1 e 60%, caracterizada como variabilidade média, as variáveis do estudo apresentaram diferentes faixas e a maioria teve forte dependência espacial. As técnicas geoestatísticas utilizadas permitiram os ajustes dos modelos teóricos que melhor representaram a semivariância experimental, possibilitando a construção de mapas temáticos da distribuição espacial dos valores dos atributos da área estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Atributos do solo, Estatística descritiva, Geoestatística, Apuí, Distribuição espacial.

1 | INTRODUCTION

The Amazon region is characterized by the enormous diversity of life, both plant and animal, as well as human societies (PESSOA JUNIOR et al., 2012). Most of the arable soils of this region are acidic, with low cation exchange capacity (CEC) and low natural fertility. This region is characterized by its advanced stage of weathering, presenting physical characteristics suitable for agricultural use, however with strong nutritional limitations (LIMA et al., 2006, CUNHA et al., 2007).

In contrast, there are records of soil areas that have been affected by pre-historic man, which have a dark color, remains of archeological materials (ceramic fragments and lithic artifacts) and high Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn, Mn, P, and the black soil of this layer is commonly known as Archeological Dark Earths (ADEs), “*Terra Preta de Índio*” (TPI) or Black Earth

(BE) (KERN and KÄMPF, 1989).

According to German (2003), these areas of ADE are found adjacent to water courses, occupying floodplain areas, marginal rises, with expansion ranging from one to hundreds of hectares, along rivers and inter-rivers. These potentially agricultural areas are being extensively explored in the Amazonian environment, but inadequate use and management can cause undesirable changes in the natural ecosystem, leading to soil degradation (CAMPOS et al., 2012). Thus, the studies of the transformations resulting from the use and management of the soils is of great importance for the adoption of more compatible systems for each type of evaluated area (ROZANE et al., 2010).

As regards chemical properties, Archeological Dark Earths have characteristics that supplant the natural conditions of the adjacent soils of the Amazon region that typically present low retention of nutrients due to the low concentration of organic material incorporated in the soil as the occurrence of the natural fields that present high aluminum concentration, resulting in low values and pH, according to Mantovanelli et al. (2016); Viana et al. (2016).

When trying to know the variability in the soil, difficulties are encountered and this is due to two factors: firstly because of the great territorial extension of the Amazon region and few researchers, the number of samples in the spatial variability studies, besides the lack of knowledge and choice of a pattern in the use of sample spacing (OLIVEIRA et al., 2015). Currently one of the tools to verify the existence of the variability in the environment is geostatistics, it has allowed to analyze characteristics and their random and spatial aspects, creating an image of the variability of characters, identifying the degree of spatial dependence and providing information that allows subsidizing the study of the phenomena to be analyzed (SILVA NETO et al., 2012).

In this sense, the study of spatial dependence presents itself as an alternative not only to reduce the effects of soil variation on crop production, but also to estimate responses of soil properties due to certain management practices, besides allowing the reduction of the effects of horizontal and vertical soil variability, in many cases, may even influence the interpretation of its effects (Souza et al., 2004). In addition, a number of studies have demonstrated that the chemical attributes of the soil present intense spatial dependence, verified by geostatistical analysis (CAMPOS et al., 2007; ZANÃO JÚNIOR et al., 2007; MARQUES JÚNIOR et al., 2008; LIMA et al., 2013).

Therefore, the objective of this work was to evaluate the spatial variation of chemical attributes in Archeological Dark Earth area under cocoa cultivation in the Western Amazon.

2 | MATERIALS AND METHODS

Characterization of the physical environment

The study area is located in the municipality of Apuí, Amazonas, Brazil, located along the Transamazônica highway (BR-230), under the geographic coordinates of 7° 12' 05 "S and 59° 39' 37" W. According to Köppen classification the climate of the region belongs to group A (Tropical Rainy Weather) and climatic type Am (monsoon rainfall), presenting a dry period of short duration. The rainfall is limited by the isoietas of 2,250 and 2,750 mm, with rainy period beginning in October and extending until June. Annual mean temperatures range from 25 °C to 27 °C and relative moisture between 85 and 90% (Figure 1).

The geology of the region presents sandstones of the beneficent formation, covered by clay pack of the tertiary. In relation to the soils present in the municipality, the following classes predominate: Ultisols and Oxisols, and the soil of the study area was classified as Argissolo Amarelo the according to Embrapa (2013) and Typic Haplohumult the according to Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 2010).

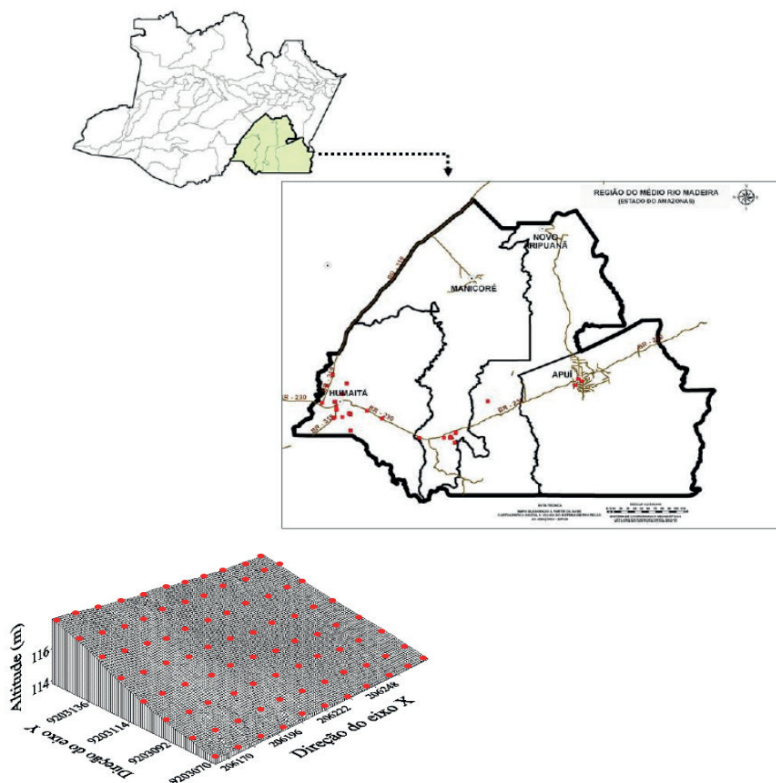


Figure 1. Map of the southern region of the Amazon.

Source: Adapted from Santos (2011).

The characteristic vegetation of this region is the Dense Tropical Forest consisting of densified and multi-layered trees between 20 and 50 meters in height. According to Campos (2012), the predominant landscapes of this region are the natural fields, natural fields/forests. The BAE area has been cultivated for fourteen years, during the first six years it has been used to cultivate rice, maize, beans and watermelon, and the cocoa culture that has remained until the present study has been inserted.

Soil sampling and chemical measurements

The survey was carried out between August and December 2014, in this place the mapping of a 42 x 88 m mesh, with spacings of 6 x 8 m, totaling 88 sampling points at depths 0.0-0.05; 0.05-0.10; 0.10-0.20 m. At the crossing points of the mesh, soil blocks with preserved structure were collected at depths of 0.0-0.05; 0.05-0.10; 0.10-0.20 m, to determine soil chemical attributes.

The pH was determined potentiometrically using water, in soil ratios: 1: 2.5 solution. Ca^{2+} , Mg^{2+} and Al^{3+} were extracted with 1.0 mol L⁻¹ KCl and titrated by titration. The P and K⁺ were extracted with Mehlich⁻¹, the P measured by spectrophotometry, the K⁺ by flame photometry. Potential acidity (H+Al) was extracted with 0.5 mol L⁻¹ calcium acetate and titrated by titration (EMBRAPA, 2011).

The TOC was determined by wet combustion with potassium dichromate and titrated by titration from the *Walkley and Black* method modified by Yeomans and Bremner (1988).

The storage organic carbon (Sto C) was determined at all collection depths and was calculated by the expression (WELDKAMP, 1994).

$$\text{Sto C} = (\text{TOC} \times \text{BD} \times e) / 10,$$

where:

Sto C = Storage organic carbon (Mg ha⁻¹);

TOC = total organic carbon content (g kg⁻¹);

BD = Bulk Density (kg dm⁻³);

e = thickness of the layer considered (m).

Based on the results of the chemical analyzes, sums bases (SB), cation exchange capacity (CEC), base saturation (V %).

Statistical and geostatistical analysis

Soil attributes were analyzed by means of descriptive statistical analysis, being determined the mean, median, coefficient of variation, skewness and kurtosis coefficient. The Kolmogorov-Smirnov (KS) test ($p \leq 0.05$) was performed using Minitab 14 software (MINITAB, 2000).

Geostatistics was used to evaluate the spatial variability of the attributes studied, according to Vieira et al. (1983). In order to do the geostatistical analysis, it was necessary to know if there was spatial dependence or not of the attributes studied, which can be

verified by means of the semivariogram graph.

The semivariogram is a graphical representation of the semivariance $\gamma(h)$, represented in the Y coordinate, as a function of a given distance (h), represented in the X coordinate. In order to characterize the spatial variability, geostatistical analysis was used (Isaaks and Srivastava, 1989). Based on the assumption of stationarity of the intrinsic hypothesis, which the semivariogram is estimated by equation (1):

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

Where: $\gamma(h)$ - the value of the semivariance for a distance h; $N(h)$ - number of pairs involved in the semivariance calculation; $Z(x_i)$ - value of attribute Z in position x_i ; $Z(x_i + h)$ - value of attribute Z separated by a distance h from position x_i .

The adjustments of the experimental models to the semivariogram were based on the higher value of the coefficient of determination and the smaller value of the square root of the mean error, and the choice of the best fit was performed using the “*Jack-Knifing*” technique according to Vieira et al. (1983).

In order to analyze the degree of spatial dependence of soil attributes, Cambardella et al. (1994) classification was used, in which the semivariogram is considered a strong spatial dependence that has a nugget effect of <25% of the plateau, moderate when it is between 25 and 75% and weak > 75%.

After adjustment of the permissible mathematical models, the data were interpolated using kriging. Thus, the inverse of the square of the distance was used as interpolator for the attributes that did not present structure of spatial dependence. The geostatistical analysis was performed in Surfer software version 8.0 (GOLDEN SOFTWARE, 2002).

3 | RESULTS AND DISCUSSION

Descriptive statistics of chemical attributes

The pH values in water in the evaluated layers ranged from 6.23 to 5.7 (Table 1). These results are similar to those found by Santos et al. (2013); Viana et al. (2016) from 4.3 to 6.6. The differences in pH variation in the soil studied with the other studies show the heterogenic nature of the occurrence of ADEs, either by the pedoenviromental conditions or by the human activity in each place, in this way we can affirm that the pH indexes are presented as one of the indicative of the high natural fertility of these soils, in many cases pH values always higher than 5.5.

The Ca^{2+} and Mg^{2+} contents were higher in the superficial layer of 0.0-0.05 m and 0.05-0.10 m, who stated that, in general, ADEs exhibit high levels of nutrients, mainly Ca and P, from human and animal bone remains, as well as the formation of highly stable organic matter-calcium complexes (NOVOTNY et al., 2007; SANTOS et al., 2013).

The saturation by bases revealed high values in all layers evaluated between 77.25% and 52.65%, characterizing them as well as eutrophic soils. Probably, the impact of anthropic action is not limited to the surface horizons, but it can alter the soil in depth, as a drastic reduction occurs with increasing depth (KERN and KÄMPF, 2005).

The levels of available phosphorus were high in the anthropogenic horizons, with a tendency to increase in depth, varying from 93.7 to 124.34 mg dm⁻³, corroborating Campos et al. (2012); Santos et al. (2013); Viana et al. (2016). These results are due to the intensity of the incorporation of debris by the ancient inhabitants, as highlighted by Fraser & Clement (2008), in a study on ADE soils in the Amazon region. The levels of exchangeable Al³⁺ were low in all strata evaluated (Table 1), similar to those observed Campos et al. (2012).

In relation to the cation exchange capacity (CEC), there was a clear trend of CEC decrease with soil depth, a behavior also observed by Glaser et al. (2000) and Santos et al. (2013) in studies of ADEs in the Amazon. The highest base sum results were observed in the superficial layer of 0.0-0.05 m, when comparing subsurface layers, which ranged from 21.77 to 12.59 cmolc dm⁻³, thus indicating the tendency of base reduction when increasing depth and increase occur relative to the Al³⁺ content.

The organic carbon (O.C) contents ranged from 55.31 to 31.31 g kg⁻¹, decreasing with soil depth. Similar results were obtained by Campos et al. (2012); Santos et al. (2013). The high carbon content in the ADEs can be attributed to the composition of organic matter rich in pyrogenic carbon (coal), added to the soil by the activity of pre-Columbian indigenous peoples (GLASER et al., 2000). In relation to the storage carbon, the high indexes are attributed to the anthropic changes that this soil suffered in its formation. Falcão and Borges (2006) report that ADE areas present high levels of organic matter and more intense biological activity than non-anthropogenic soils, the authors say that these high values can come from human and animal remains.

The results referring to the descriptive analysis of the chemical attributes are presented in (Table 1). The values of the central tendency measures (mean and median) are close for all variables, justifying values of skewness and kurtosis close to zero, except for acidity and V% at depth 0.05 - 0.10 m and Al³⁺ and V% at depth 0.10-0.20 m.

The skewness coefficient is used to characterize how and how much the frequency distribution moves away from the symmetry. So that if the value found for this coefficient is zero, the distribution is symmetric, if positive, the distribution is asymmetric on the right, and if negative, is asymmetric on the left (ALHO et al., 2014). Taking into account this understanding, it was verified that most of the variables presented positive asymmetric coefficients, except for the variables Ca, SB and V% in the layer 0.0-0.05 m; SB, CEC and V% in the 0.05-0.10 m layer and O.C, H+Al and CEC in the respective 0.10-0.20 m layer, both exceptions characterized as negative asymmetric coefficients (Table 1). Although asymmetric distributions were found, there was some evidence that, because of the similarity between the mean and median values and the results of the skewness and

kurtosis coefficients close to zero, they presented for most of the evaluated variables, these results show That measures of central tendency are not dominated by atypical values in the distribution. According to Cambardella et al. (1994), such results indicate that the data are suitable for the application of geostatistics.

In relation to the classification of the coefficient of variation (CV) proposed by (Warrick & Nielsen, 1980), it was observed that the pH and CEC variables in depth 0.0 - 0.05 m, and O.C and CEC in depth 0.05 - 0.10 m and CEC at depth 0.10 - 0.20 m presented low variability of data, while all others presented medium variability. No attribute, therefore, presented high variability. Taking into account the standards established by Nogueira (2007), which states that a coefficient of variation greater than 35% reveals that the series is heterogeneous and the mean has little meaning, and if it is greater than 65%, the series is described as very heterogeneous and the mean has no meaning, but if, however, it is less than 35%, the series is homogeneous and the mean has significance and can be used as representative of the series. Series from where it was obtained. In this way, according to the results we can say that most of the attributes behaved presenting series of homogeneous data and the mean presenting meaning.

Descriptive Statistics	Mean	Median	SD	¹ CV (%)	Min.	Max.	Skewness	Kurtosis	d
0.0 - 0.05 m									
pH (H ₂ O)	6.23	6.08	0.65	10.43	4.49	7.53	0.08	-0.56	0.03 ^{ns}
O.C (g kg ⁻¹)	55.31	54.71	10.94	19.77	27.96	83.76	0.19	0.04	0.20*
Sto C (g kg ⁻¹)	24.74	23.39	5.32	21.50	11.60	38.97	0.24	-0.01	0.00 ^{ns}
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	6.54	6.43	3.44	52.59	1.16	15.06	0.36	-0.59	0.07*
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0.06	0.06	0.01	16.66	0.04	0.10	0.26	-0.54	0.00 ^{ns}
P (mg dm ⁻³)	93.70	94.12	32.73	34.93	30.38	170.66	0.33	-0.43	0.20*
K (cmol _c dm ⁻³)	0.03	0.02	0.01	33.33	0.00	0.05	0.55	-0.29	0.04 ^{ns}
Ca (cmol _c dm ⁻³)	19.57	20.00	3.20	16.35	12.75	26.25	-0.29	-0.50	0.20*
Mg (cmol _c dm ⁻³)	2.12	2.13	1.06	50.00	0.25	5.00	0.47	-0.09	0.20*
SB (cmol _c dm ⁻³)	21.77	21.76	3.27	15.03	13.27	27.75	-0.53	-0.09	0.20*
CEC (cmol _c dm ⁻³)	28.28	28.06	2.78	9.83	21.90	34.35	0.01	-0.33	0.20*
V%	77.25	76.85	11.25	14.56	47.74	94.81	-0.42	-0.32	0.20*
0.05 - 0.10 m									
pH (H ₂ O)	6.13	6.01	0.78	12.72	4.78	7.78	0.48	-0.55	0.05*
O.C (g kg ⁻¹)	40.41	39.40	4.15	10.26	30.56	51.40	0.31	-0.09	0.01 ^{ns}
Sto C (g kg ⁻¹)	19.36	18.98	2.85	14.72	13.83	26.53	0.52	-0.03	0.20*
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	9.15	8.58	4.97	54.31	0.99	19.64	0.19	-1.00	0.15*
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0.07	0.08	0.03	42.85	0.03	0.17	0.76	0.33	0.00 ^{ns}
P (mg dm ⁻³)	109.61	110.62	33.63	30.68	35.22	198.32	0.01	-0.25	0.20*

K (cmol _c dm ⁻³)	0.03	0.02	0.01	33.33	0.01	0.05	0.40	-0.14	0.17*
Ca (cmol _c kg ⁻³)	11.60	11.95	3.95	34.05	3.40	21.50	0.20	-0.32	0.02 ^{ns}
Mg (cmol _c dm ⁻³)	4.05	4.00	1.47	36.29	0.95	7.10	0.06	-0.79	0.20*
SB (cmol _c dm ⁻³)	15.89	15.91	4.65	29.26	5.16	24.81	-0.09	-0.74	0.20*
CEC (cmol _c dm ⁻³)	25.75	25.90	2.05	7.96	20.98	29.83	-0.14	-0.62	0.20*
V%	63.96	64.89	18.33	28.65	30.87	96.02	-0.05	-1.06	0.18*

0.10 - 0.20 m

pH (H ₂ O)	5.70	5.52	0.75	13.15	4.58	7.95	0.88	0.10	0.00 ^{ns}
O.C (g kg ⁻¹)	31.31	31.78	5.45	17.40	20.11	43.45	-0.15	-0.35	0.20*
Sto C (g kg ⁻¹)	29.81	29.68	6.18	20.73	13.86	45.62	0.04	0.03	0.20*
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	11.53	12.12	4.98	43.19	1.32	22.11	-0.22	-0.96	0.08*
Al (cmol _c dm ⁻³)	0.08	0.08	0.03	37.50	0.04	0.20	1.12	0.51	0.00 ^{ns}
P (mg dm ⁻³)	124.34	126.23	30.39	24.44	48.29	191.64	0.04	-0.22	0.20*
K (cmol _c dm ⁻³)	0.02	0.01	0.01	50.00	0.00	0.05	0.91	0.26	0.00 ^{ns}
Ca (cmol _c dm ⁻³)	10.47	10.31	4.29	40.97	2.75	20.38	0.40	-0.44	0.20*
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1.99	2.00	1.00	50.25	0.38	4.88	0.43	-0.15	0.20*
SB (cmol _c dm ⁻³)	12.59	12.46	4.40	34.94	5.51	22.78	0.31	-0.85	0.05*
CEC (cmol _c dm ⁻³)	24.46	24.61	1.88	7.68	20.36	29.25	-0.25	-0.12	0.02 ^{ns}
V%	52.65	51.69	19.06	36.20	23.07	93.78	0.33	-1.04	0.02 ^{ns}

SD = Standard Deviation, CV = Coefficient of Variation, Min = Minimum, Max = Maximum, d = Normal test of Kolmogorov Smirnov, * Significant at the 5% probability level, OC = Organic Carbon; CEC = Cation Exchange Capacity, SB = Sum Base, V% = Saturation Base, Sto C = Storage organic carbon.

Table 1. Descriptive statistics of chemical attributes on Archeological Dark Earth under Cacao cultivation in Western Amazonia.

Geostatistical analysis

The chemical attributes of the soil were adjusted to the spherical and exponential semivariograms models (Table 2). Studies related to the spatial variability of soil attributes have shown that the spherical and exponential models have been the most frequent (AMADO et al., 2009; SANCHEZ et al., 2009; SIQUEIRA et al., 2010; DALCHIAVON et al., 2012). In addition, therefore, the adjusted models found in the present study are in agreement with the research done on soil variability. Another factor observing in the present results was the predominance of the adjustment to the spherical semivariogram model, in the depths 0.0-0.05 m and 0.05-0.10 m. In this work, the spherical model is the most cited by researchers as being more common in studies related to the attributes of soil and plant (VIEIRA et al., 2011).

All the chemical attributes studied showed a coefficient of determination (R^2) above 0.70 (Table 2), that is, at least 70% of the variability in the values of the estimated semivariance are explained by the adjusted models (CAMPOS et al., 2007). According to Azevedo (2004) when R^2 is higher than 0.5, the better the estimation of values by the ordinary kriging method. The cross-validations representing the adjusted models showed a good performance, with values varying from 0.75 to 0.98.

At the distance at which the semivariance stabilizes is considered the extent of

spatial dependence. The variables that underwent different spatial dependence, the lowest range was K^+ (12 m), depth 0.0-0.05 m, and the highest observed was for CEC (64 m), in the depth 0.10-0.20 m.

There were attributes that the distance of collection of the sample points in the field was not enough to characterize the spatial variability, presenting pure nugget effect. It was the case of O.C and Sto C at depth 0.0-0.05 m, and O.C at depth 0.10-0.20 m. When the studied variable is spatially independent, its C_0 (nugget effect) is equal to C_1+C_0 (plateau), known as pure nugget effect (PNE). PNE is important and indicates a random distribution, ie, unexplained variability or undetected variation, and may occur due to undetected measurements, sampling or microvariation errors, considering that the sampling spacing used is greater than necessary to detect the dependence (CAMBARDELLA et al., 1994).

The relationship between the $C_0/(C_0+C_1)$ ratio was expressed according to the classification proposed by (CAMBARDELLA et al., 1994), where the semivariograms with spatial dependence less than or equal to 25% have a strong spatial dependence. Is moderate when this ratio varies from 25 to 75% and is weak if this value exceeds 75% according to this classification. The attribute that presented a spatial dependence (SD) between 25 and 75% was only Ca, Mg and CEC at depth 0.05-0.10 m, and P and CEC and V% at depth 0.10 -0.20 m. The other attributes studied presented SD less than or equal 25%, thus presenting Zanão Júnior et al. (2007), which highlights the importance of knowledge of spatial dependence structure.

Points out that the variables that have a strong spatial dependence are more influenced by the intrinsic properties of the soil, that is, by the soil formation factors, while the moderate spatial dependence is due to the homogenization of the soil, whereas to the extrinsic attributes weak dependence (Cambardella et al., 1994).

Parameters	Model	NE	Sill	Range (m)	SD	R ²	CV
0.0 – 0.05 m							
pH (H ₂ O)	Sph.	0.01	0.38	25.00	2.63	0.85	0.97
O.C (g kg ⁻¹)	-	-	-	-	PNE	-	-
Sto C (g kg ⁻¹)	-	-	-	-	PNE	-	-
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	1.00	14.33	30.00	6.97	0.89	0.86
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	0.00	0.00	30.00	7.50	0.80	0.93
P (mg dm ⁻³)	Sph.	2980,00	16670,00	30.00	17.87	0.97	0.78
K (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	0.00	0.00	12.00	6.00	0.98	0.75
Ca (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	0.13	9.88	24.00	1.31	0.83	0.83
Mg (cmol _c dm ⁻³)	Exp.	0.10	0.96	30.00	10.41	0.89	0.94
SB (cmol _c dm ⁻³)	Exp.	0.91	9.47	22.50	9.60	0.83	0.90
CEC (cmol _c dm ⁻³)	Exp.	0.65	7.87	24.00	8.25	0.79	0.77

V%	Sph.	31.00	130.90	29.00	23.68	0.98	0.90
0.05-0.1 m							
pH (H ₂ O)	Sph.	0.01	0.62	30.00	0.87	1.61	0.81
O.C (g kg ⁻¹)	Sph.	2.10	55.31	22.00	0.74	3.79	0.88
Sto C (g kg ⁻¹)	Sph.	1.11	13.76	27.00	0.82	8.06	0.89
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	1.01	25.52	30.00	0.88	3.67	0.96
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	0.00	0.00	27.00	0.86	5.00	0.91
P (mg dm ⁻³)	Exp.	156.00	1407,00	20.00	0.84	11.08	0.76
K (cmol _c dm ⁻³)	Exp..	0.00	0.00	20.00	0.80	10.00	0.83
Ca (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	4.98	16.12	36.00	0.91	30.89	0.94
Mg (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	0.70	2.13	55.80	0.94	32.86	0.95
SB (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	0.53	19.99	22.00	0.87	2.65	0.82
CEC (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	4.54	9.18	60.00	0.90	49.45	0.80
V%	Sph.	14.90	328.20	24.40	0.84	4.53	0.83
0.1-0.2 m							
pH (H ₂ O)	Sph.	0.01	0.53	30.00	0.90	1.88	0.81
O.C (g kg ⁻¹)	-	-	-	-	-	PNE	-
Sto C (g kg ⁻¹)	Sph.	1.10	38.64	25.64	0.93	2.84	0.84
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	0.20	25.18	30.00	0.92	0.79	0.92
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Exp.	0.01	0.05	40.00	0.86	20.00	0.86
P (mg dm ⁻³)	Exp.	378.00	991.80	25.00	0.93	38.11	0.78
K (cmol _c dm ⁻³)	Exp.	0.00	0.00	15.00	0.98	3.33	0.73
Ca (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	0.34	19.22	28.00	0.94	1.76	0.93
Mg (cmol _c dm ⁻³)	Exp.	0.10	1.16	33.00	0.86	8.62	0.94
SB (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	0.60	17.66	26.20	0.97	3.39	0.90
CEC (cmol _c dm ⁻³)	Sph.	2.83	6.11	64.00	0.76	46.31	0.97
V%	Sph.	134.40	313.50	38.60	0.93	42.87	0.98

NE = Nugget effect, SD = Spatial Dependence, CV = Cross Validation, OC = Organic Carbon, CEC = Cation Exchange Capacity, SB = Sum Base, V% = Saturation Base, Sph = Spherical, Exp = Exponential, PNE = Pure Nugget Effect, Sto C = Storage organic carbon

Table 2. Estimated models and parameters to semivariograms of chemical attributes on Archeological Dark Earth under Cacao cultivation in Western Amazonia.

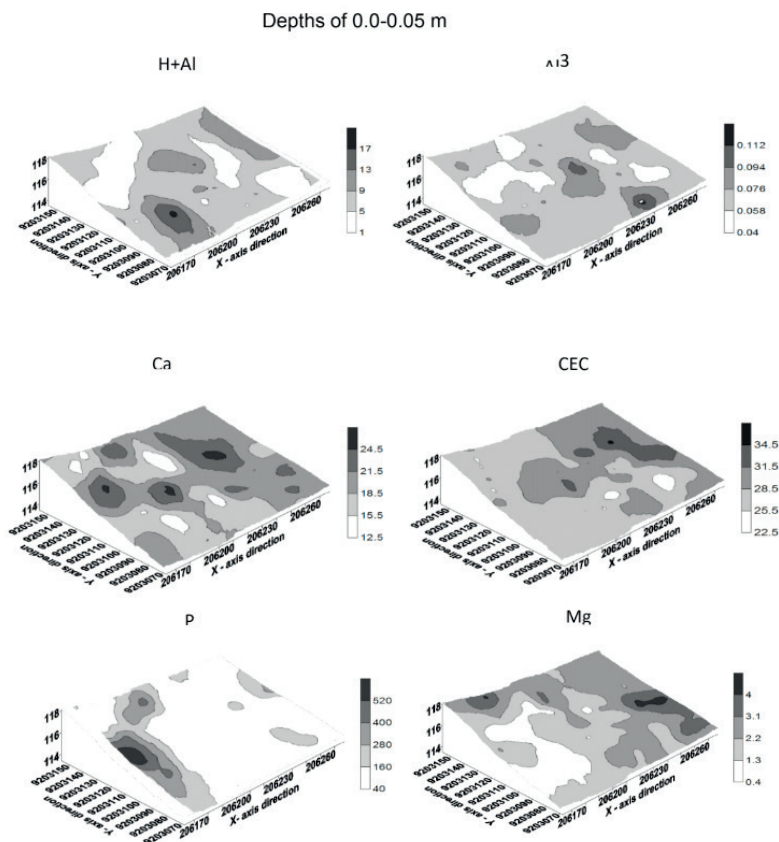
Kriging maps of soil chemical attributes

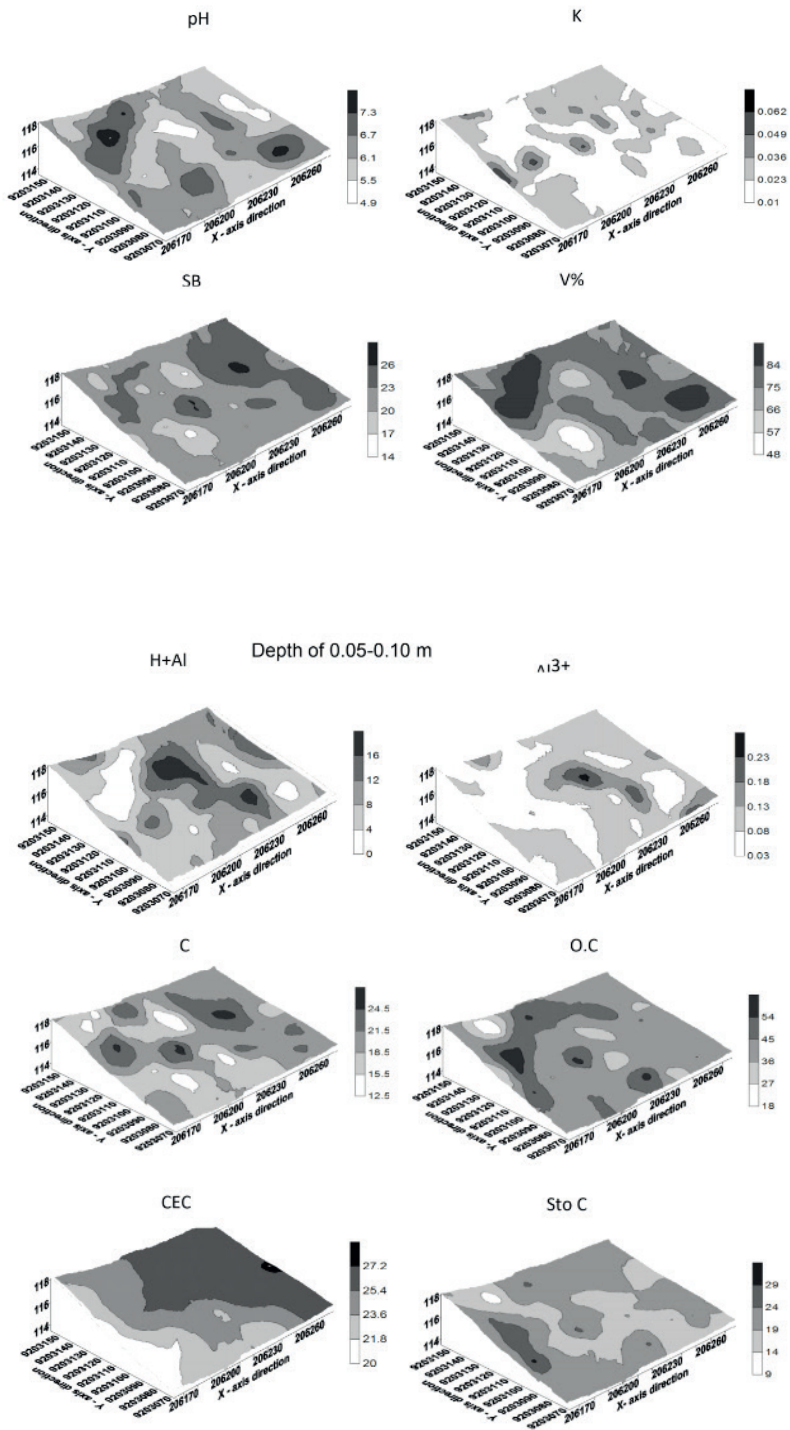
From the semivariogram adjustments, the kriging maps were constructed (Figure 2). Maps are fundamental parts of precision agriculture, since they are subsequently geoprocessed, in order to assist in the correct use and management of the soil.

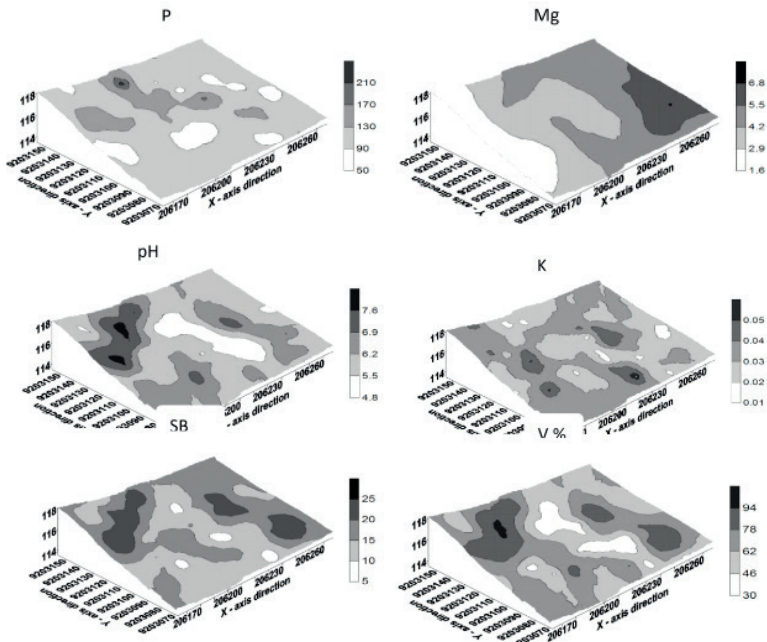
Kriging is the interpolated surface of each variable, which shows the spatial distribution. Through kriging, it is possible to identify the location and coverage of extreme values, the degree of homogeneity of the area and the directions of larger gradients (GUIMARÃES et al., 2016). The use of sampling optimization maps provides information that allows you to

better understand the spatial distribution pattern and define management zones. These maps can be very useful in experimental planning and as a tool for precision agriculture programs (MONTANARI et al., 2005). The spatial distribution maps of the studied variables should be presented in five regular intervals of specific values for each variable, allowing a greater understanding of the distribution, especially those with small intervals between maximum and minimum values.

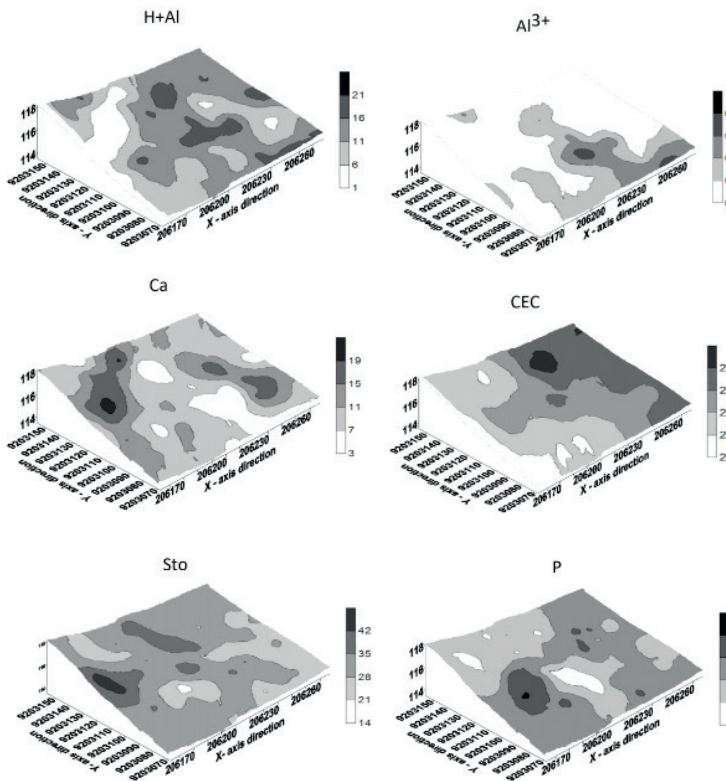
Particularly from the maps generated for the chemical attributes, one can identify that the spatial distribution pattern is quite variable throughout the study area, because for all variables that presented spatial dependence structure, the distribution spots are heterogeneous, thus characterizing sufficient information that Archeological Dark Earths exhibit spatial heterogeneity in their distribution.







Depth of 0.10-0.20 m



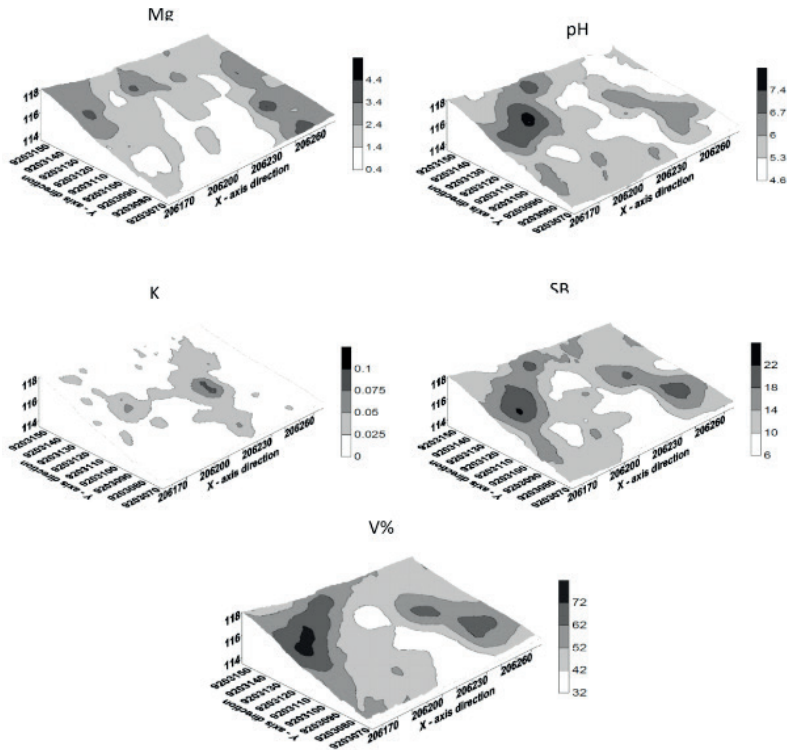


Figure 2. Kriging maps of chemical attributes in Archeological Dark Earths under Cacao cultivation in Western Amazonia.

4 | CONCLUSIONS

Geostatistics provided adequate information to understand the spatial distribution of chemical attributes in the Cocoa area. The spherical and exponential model was adjusted for the variables that presented spatial dependence structure. The spatial distribution of chemical attributes in the area showed a strong and moderate degree of spatial dependence.

In the depth (0.0-0.05 m), all variables studied had a strong spatial dependence, except for Sto C and TOC that did not present spatial dependence. Moderate spatial dependence was observed at depths (0.05-0.10 m) for Ca and Mg, CEC and at depth (0.10-0.20 m) for P, CEC and V%.

The kriging technique proved to be an important tool in understanding the dynamics of soil chemical attributes evaluated in this study. The spatial variability of chemical attributes should be taken into account in agricultural planning, this information can be used to optimize fertilizer applications, increasing productivity and reducing costs and environmental problems.

REFERENCES

- 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**, Goiânia. v. 44, n. 3, p. 246-254, 2014.
- AMADO, T. J. C.; PES, L. Z.; LEMAINSKI, C. L.; SCHENATO, R. B. Atributos químicos e físicos de Latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v. 33, n. 4, p. 831-843, 2009.
- AZEVEDO, E. C. **Uso da Geoestatística e de recursos de geoprocessamento no diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no estado de Mato Grosso**. 2004. Tese (Doutorado) Faculdade de Engenharia Agrícola Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- 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 American Journal**, Madison. v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.
- CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; FREITAS, E. V. Dependência espacial de atributos químicos em área cultivada com cana-de-açúcar em Pereira Barreto, SP. **Ciência Agronômica**, Fortaleza. v. 38, n. 4, p. 350-359, 2007.
- 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 314 solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. **Agro@mbiente On-line**, Boa Vista. v. 6, n. 2, p. 102-109, 2012. Doi: 10.18227/1982-8470ragro.v6i2.682
- CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; CANELAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. O.; TROMPOWSKY, P.; SANTOS, G. A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia (Terra Preta). *Acta Amazônica*, Manaus. v. 37, n. 1, p. 91-98, 2007.
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico sob Sistema Plantio Direto. **Ciência Agronômica**, Fortaleza. v. 43, n. 3 p. 453-461, 2012.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2011. 230p. (Documento 132).
- FALCÃO, N. P. S.; BORGES, L. F. Efeito da fertilidade de terra preta de índio da Amazônia Central no estado nutricional e na produtividade do mamão hawaí (*Carica papaya* L.). *Acta Amazônica*, Manaus. v. 36, n. 4, p. 401-406, 2006.
- FRASER, J. A, CLEMENT, C. R. Dark earths and manioc cultivation in Central Amazonia: A window on pre-Columbian agricultural systems?. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, Belem. V. 3, n. 2, p. 175-194, 2008.

GERMAN, L. A. Historical contingencies in the coevolution of environment and livelihood: contributions to the debate on Amazonian Black Earth. *Geoderma*, Amsterdam. v. 111, n. 3-4, p. 307–331, 2003. Doi: 10.1016/S0016-7061(02)00270-7

GLASER, B.; BALASHOV, E.; HAUMAIER, L.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. Black carbon in density fractions of anthropogenic soils of the Brazilian Amazon region. **Organic Geochemistry**, Madison. v. 31, n. 7-8, p. 669-678, 2000.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer for Windows version 8.0**. Colorado: Golden, 2002.

GUIMARÃES, W. D.; GRIPP JUNIOR, J.; MARQUES, E. A. G.; SANTOS, N. T.; FERNANDES, R. B. A. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos ocupados por pastagens. **Ciência Agronômica**, Fortaleza. v. 47, n. 2, p. 247-255, 2016.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, p. 561, 1989.

KERN, D. C.; KÄMPF, N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná, Pará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v. 13, p. 219-225, 1989.

KERN, D. C.; KÄMPF, N. **Ação antrópica e pedogênese em solos com Terra Preta em Cachoeira-Porteira**, Belém. Museu Paraense Emílio Goeldi. v. 1, p. 187-201, 2005.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. Distribuição espacial da matéria orgânica, grau de floculação e argila dispersa em água em área de vegetação natural em regeneração e pastagem. **Revista Árvore**, Viçosa. v. 37, n. 3, p. 539-546, 2013.

MANTOVANELLI, B. C.; CAMPOS, M. C. C.; ALHO, L. C.; FRANCISCON, U.; NASCIMENTO, M. F.; SANTOS, L. A. C. Distribuição espacial dos componentes de acidez do solo em área de campo natural na região de Humaitá, Amazonas. **Revista de Ciências Agroambientais**, Rio Verde. v. 14, n. 1, p. 1-9, 2016. Doi:

MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T.; BARBIERE, D. M. Variabilidade espacial de matéria orgânica, P, K e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar por longo período. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Paraíba. v. 8, n. 1, p. 153-152, 2008.

MINITAB RELEASE 14.1. **Statistical Software**. US/Canada, 2000.

MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. V. 40, n.1, p. 69-77, 2005.

NOGUEIRA, M. C. S. **Experimentação agrônômica I**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2007. 463p.

NOVOTNY, E. H.; AZEVEDO, E. R.; BONAGAMBA, T. J.; CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; HAYES, M. H. B. Studies of the compositions of humic acids from Amazonian dark earth soils. **Environmental Science Technology**, Madison. v. 41, n. 2, p. 400-405, 2007.

OLIVEIRA, I. A.; MARQUES JUNIOR, J.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; FREITAS, L.; SIQUEIRA, D. S.; CUNHA, J. M. Variabilidade Espacial e Densidade Amostral da suscetibilidade Magnética e dos Atributos de Argissolos da Região de Manicoré, AM. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa. v. 39, n. 3, p. 668-681, 2015.

PESSOA JUNIOR, E. S.; SOUZA, W. B.; SOUZA, K. S.; PIO, M. C. S.; SANTANA, G. P. Terra Preta de Índio na Região Amazônica. *Scientia Amazônica*, Manaus. v.1, n. 1, p. 1-8, 2012.

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 de um Latossolo vermelho distrófico, sob diferentes manejos. *Bioscience Journal*, Uberlândia. v. 26, n. 1, p. 24-32, 2010.

SANCHEZ, R. B.; MARQUES, J. R. J.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T.; MARTINS FILHO, M. V. Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas. *Bragantia*, Campinas. v. 68, n. 4, p. 1095- 1103, 2009.

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*, Viçosa. v. 37, n. 4, p. 1:12, 2013.

SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; LEITE, R. L. L.; DIM, V. P.; NEVES NETO, D. N.; SILVA, J. E. C. Variação espacial do teor de matéria orgânica do solo e produção de gramínea em pastagens de capim-marandu. *Bioscience Journal*, Uberlândia. v. 28, Supl. 1, p. 41-53, 2012.

SIQUEIRA, D. S.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. The use of landforms to predict the variability of soil and orange attributes. *Geoderma*, Amsterdam. v. 155, n. 2, p. 55-66, 2010. Doi: 10.1016/j.geoderma.2009.11.024

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 11, ed. Washington: United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. 2010. 338p.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, Santa Maria. v. 34, n. 6, p. 1763-1771, 2004.

VIANA, S. F.; CAMPOS, M. C. C.; CUNHA, J. M.; NASCIMENTO, W. B.; MENDONÇA JÚNIOR, A. F. Variabilidade espacial dos atributos químicos em terra preta de índio cultivada na região de Novo Aripuanã, AM. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Pombal. v. 11, n. 3, p. 53-58, 2016.

VIEIRA, S. R.; DECHEN, S. C. F.; SIQUEIRA, G. M.; DUFRANC, G. 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.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, T. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, California. v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel D. (Ed.). **Applications of soil physics**. p. 319-344, 1980.

WELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. **Soil Science Society of American Journal**, Madison. v. 58, n. 1, p. 175-180, 1994.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Soil Science Plant Analysis**, Madison. v. 19, n. 3, p. 1467-1476, 1988.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidade em um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 37, n. 4, p. 1000-1007, 2007.

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