



SOLOS AMAZÔNICOS:

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

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



SOLOS AMAZÔNICOS:

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

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

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

José Maurício da Cunha

Milton César Costa Campos

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

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

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

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



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



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

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

Outro organizador
Renato Francisco da Silva Souza

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

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

CDD 333.75130981

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

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



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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



DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



APRESENTAÇÃO

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

O grupo Solos e Ambiente Amazônico foi crescendo e se consolidando à medida que os Projetos foram sendo aprovados (FAPEAM e CNPq), aqui destaca-se que o projeto intitulado “Impactos no solo da conversão floresta-uso agropecuário na região Sul do Amazonas” aprovado junto ao Edital - FAPESP/FAPEAM em 2009, possibilitou a criação de infraestrutura necessária a pesquisa. Em 2013 duas Dissertações de Mestrado foram defendidas junto ao Programa de Pós-graduação em Agronomia Tropical, a saber: i) Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos em Cambissolo e Argissolo na região de Humaitá, AM (Leandro Coutinho Alho); ii) Atributos do solo e emissão de CO₂ em uma área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de cacau na região de Apuí, AM (Douglas Marcelo Pinheiro da Silva) com total suporte da infraestrutura adquirida.

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

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

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

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

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

Milton César Costa Campos.


José Maurício do Lencó

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

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


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

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

CAPÍTULO 2..... 31

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


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

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

CAPÍTULO 3..... 69

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


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

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

CAPÍTULO 4..... 102

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


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

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

CAPÍTULO 5..... 142

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


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

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

CAPÍTULO 6..... 164

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


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

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

CAPÍTULO 7..... 188

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

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

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

SOBRE OS ORGANIZADORES 213

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

Data de aceite: 01/04/2022

Data de submissão: 03/03/2022

Alan Ferreira Leite de Lima

Mestre em Agronomia Tropical – Universidade Federal do Amazonas

Milton César Costa Campos

Doutor em Ciência do Solo – Universidade Federal da Paraíba

Thalita Silva Martins

Graduada em Agronomia - Universidade Federal do Amazonas

Wildson Benedito de Mendes Brito

Mestre em Agronomia Tropical - Universidade Federal do Amazonas

Lucivânia Izidoro da Silva

Mestre em Agronomia Tropical – Universidade Federal do Amazonas

Erika Micheilla Brasil de Paula

Mestre em Ciências Ambientais - Universidade Federal do Amazonas

RESUMO: Rondônia possui um dos maiores rebanhos de bovinos do Brasil, entretanto maior parte das pastagens encontra-se em algum estágio de degradação do solo, diminuindo assim a capacidade de suporte e consequentemente a taxa de lotação. Diante disso, surge a necessidade de buscar manejos que sejam mais eficientes ambientalmente e economicamente. O objetivo deste trabalho foi realizar um

levantamento bibliográfico sobre os efeitos do manejo e relevo nos atributos do solo e acúmulo de biomassa de pastagens, como também o uso das estatísticas multivariada e geoestatística como ferramenta de avaliação dos manejos para diferentes pastagens na Amazônia brasileira. Os processos de conversão de ambientes naturais em pastagens afetam diretamente os atributos físicos e químicos do solo interferindo no acúmulo de biomassa em pastagens. O relevo como processo de formação é um fator imprescindível a ser avaliado na escolha da área e manejo a ser adotado. As estatísticas multivariadas e geoestatística são ferramentas essenciais para avaliação dos ambientes, auxiliam na tomada de decisões sobre o uso e manejo adequado do solo, facilitando o planejamento agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: Degradação do solo, relevo, pisoteio animal, indicadores da qualidade.

INFLUENCE OF MANAGEMENT AND RELIEF ON SOIL ATTRIBUTES AND BIOMASS ACCUMULATION IN AREAS CONVERTED TO PASTURE IN THE BRAZILIAN AMAZON

ABSTRACT: Rondônia has one of the largest cattle herds in Brazil, however, most pastures are in some stage of soil degradation, thus reducing the carrying capacity and consequently the stocking rate. Therefore, there is a need to seek more environmentally and economically efficient pasture management methods. The objective of this work was to conduct a literature survey on the effects of management and relief on soil attributes and biomass accumulation in pastures, as well as the use of multivariate statistics and geostatistics

as a tool for evaluating the management of different pastures in the Brazilian Amazon. The processes of conversion of natural environments into pastures directly affect the physical and chemical soil attributes, interfering with the accumulation of biomass in pastures. The relief as a formation process is an essential factor to be evaluated when choosing the area and management to be adopted. The multivariate statistics and geostatistics are essential tools for evaluating environments, assisting in decision making about the use and proper management of soil, facilitating agricultural planning.

KEYWORDS: Soil degradation, relief, animal trampling, quality indicators.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil possui 162,19 milhões de hectares com pastagens, correspondendo a 19% do território. Essas áreas, em média, apresentam baixa taxa de ocupação de 1,32 cabeças/ha e lotação de 0,93 unidade animal por hectare (UA/há) (ABIEC, 2019). Isso ocorre devido, ao baixo manejo adotado nas pastagens (Neves Junior et al., 2013), que gera perdas de 7 bilhões de dólares por ano, na produção de leite e carne, devido pastagens degradadas (Kwon et al., 2016).

Dentre as culturas comerciais as espécies forrageiras representam as plantas de interesse econômico mais cultivadas no Brasil e no mundo (Vitória et al., 2012). Entre as plantas forrageiras utilizadas pelos animais, as gramíneas do gênero *Brachiaria* e *Panicum* são as principais opções para alimentar o rebanho bovino brasileiro (Silva et al., 2016; Silva et al., 2017). Devido suas características desejáveis, como resistência, produção de massa seca e valor nutricional (Lisbôa et al., 2016; Mendonça et al., 2014).

A queima apresenta-se como uma alternativa barata para limpar as áreas de floresta e introduzir a pastagem na Amazônia (Navarrete et al., 2016). Após a queima se não manejar corretamente, pode causar mudanças negativas nos atributos do solo, e conseqüentemente a degradação. Nesse caso, podem ser intensificadas pelo relevo mais inclinado (Torres et al. 2019). O relevo, ou posição topográfica, é capaz de alterar o conteúdo de água do solo e intensidade dos processos de remoção e deposição de sedimentos (erosão) (Chagas et al., 2013).

A produção de biomassa é mais influenciada pelos atributos físicos do solo do que pelos químicos (Grego et al., 2012). As propriedades físicas do solo em função de diferentes manejos de pastagem, modificam a densidade do solo, resistência do solo à penetração, porosidade total e macroporosidade (Silva et al., 2017), com isso, diminui a infiltração e acúmulo de água (Grimaldi et al., 2014; Bonetti et al., 2019) aumenta os riscos de erosão, perda de nutrientes (Germer et al., 2009; Merten et al., 2015) e flutuações de temperatura do solo (Lal, 2015), que impactam o solo, cultura e ambiente (Busari et al., 2015). As perdas de C em função de uma gestão inadequada podem comprometer a sustentabilidade a longo prazo dos sistemas agrícolas em termos de balanço de carbono (Petter et al., 2017). Araújo et al. (2011), analisando a conversão mata-pastagem, também encontraram baixos teores

de Ca, Mg, K e P nas primeiras camadas do solo em áreas com cultivo.

A erodibilidade do solo pode ser influenciada pelo manejo e pelos atributos do solo, incluindo atributos mineralógicos. Correa et al. (2008) e Barbosa et al. (2019), relatam que, um maior conteúdo de hematita pode melhorar a resistência do solo à erosão, devido aos óxidos de ferro que facilitam a estruturação e a agregação do solo.

Em sistemas de pastagens, quando manejados adequadamente, podem melhorar muitas propriedades do solo, como a retenção de água, estabilidade de agregados, matéria orgânica do solo e ciclagem de nutrientes (Franzluebbers et al., 2011), como mostrado por Soares et al. (2016), que observou elevadas percentagem de agregados com maiores diâmetros em áreas com pastagens. Souza Braz et al. (2013), observaram aumento dos estoques de carbono em pastagens após 8 anos de uso em relação à floresta, e que, se usar frequente o fogo para limpeza, ocorre um decréscimo. Além disso, constataram, que a conversão de floresta para em pastagem com a utilização do fogo aumenta os valores de pH e disponibilidade de P, Ca e K no solo, e diminui o Al trocável.

Apesar de grande parte dos trabalhos mostrarem que áreas com pastagens estão degradadas, há trabalhos que mostram resultados divergentes, não havendo consenso generalizado entre as pesquisas que relatam sobre o tema. Diante disso, há a necessidade de trabalhos que avaliem áreas com pastagem identificando o efeito do manejo nos atributos do solo e sua relação no acúmulo de biomassa de pastagens em uma topossequência sob áreas de manejo recorrentes em atividades pecuárias, e assim possibilitar a propositura de práticas menos agressiva ao ambiente, e que, favoreça o maior acúmulo de biomassa e aumente a produção de bovinos de corte.

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico sobre os efeitos do manejo e relevo nos atributos do solo e acúmulo de biomassa de pastagens, como também o uso das estatísticas multivariada e geoestatística como ferramenta de avaliação dos manejos para diferentes pastagens na Amazônia brasileira.

2 | METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica que subsidiou a presente revisão foi baseada na consulta de trabalhos publicados em duas bases de dados, scopus e periódicos capes. Para a seleção de trabalhos foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: 1) artigos publicados nos últimos 10 anos; 2) idiomas: inglês e português; 3) palavras-chave presentes do título da publicação; 4) Artigos publicados em periódicos com revisão por duplo pares às cegas.

3 | DISCUSSÃO TEÓRICA

3.1 Caracterização do rebanho bovino e das pastagens

De acordo com estimativa da USDA (2019), o rebanho da pecuária de corte brasileira deve crescer 2,5% em 2019 e alcançar 238,15 milhões de cabeças. No ano de 2018 o Brasil apresentou o maior rebanho bovino comercial do mundo, com 214,69 milhões de cabeças que movimentou aproximadamente R\$ 597,22 bilhões de reais, sendo responsável por 8,7% do PIB.

O Brasil possui 162,19 milhões de hectares com pastagens, correspondendo a 19% do território. Essas áreas em média apresentam uma taxa de ocupação de 1,32 cabeça/ha e lotação: 0,93 UA/ha (ABIEC, 2019). Segundo Barbosa et al. (2014), os sistemas produtivos apresentam baixas taxas de lotação (<1 unidade animal UA/ha) e produtividade (<120 kg de peso vivo/ha). Esses sistemas se expandem para compensar essa ineficiência, o que mostra um claro reflexo da baixa adoção de tecnologias (Silva Filho et al., 2010). Isso demonstra que ainda temos muito a crescer, para isso, devemos investir em boas práticas agrícolas, que gera aumento na eficiência dos indicadores técnicos, econômicos e ambiental (Mandarino et al., 2019), reduzindo assim os impactos da pecuária, otimizando o efeito do uso do solo e água (Lathuillière et al., 2019).

A pecuária de corte brasileira, caracterizada pelo sistema extensivo de criação, aliada aos baixos índices produtivos, vem sofrendo pressões de mercados internacionais e ambientais diante da necessidade do uso eficiente das áreas de pastagens já exploradas (Paula Neto et al., 2014). Na região amazônica, as pastagens são pouco desenvolvidas e mostram redução de produtividade nos primeiros anos de cultivo, principalmente por causa do sobrepastoreio, ausência ou reposição insuficiente de nutrientes e inadequação de espécies forrageiras para as condições edafoclimáticas locais (Neves Junior et al., 2013). O custo global anual de perdas na produção de leite e carne devido a pastagens degradadação é de cerca de 7 bilhões de dólares, chegando a 1 bilhão de dólares nos países da América Latina (Kwon et al., 2016).

Dentre as culturas comerciais as espécies forrageiras representam as plantas de interesse econômico mais cultivadas no Brasil e no mundo (Vitória et al., 2012). Entre as plantas forrageiras utilizadas pelos animais, as gramíneas do gênero *Brachiaria* e *Panicum* são as principais opções para alimentar o rebanho bovino brasileiro (Silva et al., 2016; Silva et al., 2017).

Paiva et al. (2015) e Hungria et al. (2016), afirmam que um uso mais amplo de espécies de *Brachiaria* ou cultivares tem sido possível devido às suas características desejáveis. Dentre elas destaca-se, sua rusticidade, capacidade de sobrevivência, mesmo sob condições climáticas adversas produção de matéria seca e adaptação, além de bom valor nutritivo (Costa et al., 2005; Lisbôa, et al., 2016).

No Brasil, a espécie *Panicum maximum* é considerada uma das gramíneas mais cultivadas por sua alta capacidade de produção de matéria seca, qualidade nutritiva, tolerância a seca, facilidade de estabelecimento e aceitabilidade pelos animais (Torres et al., 2013; Mendonça et al., 2014), porém caracteriza-se por sua elevada exigência em fertilidade do solo (Freitas et al., 2007).

3.2 Influência do manejo nas propriedades do solo

A queima é a opção mais barata para limpar áreas de floresta e introduzir a pastagem na Amazônia (Navarrete et al., 2016). Quando não manejada adequadamente, causa mudanças drásticas nos atributos químicos e físicos do solo, onde, após dois anos de manejo, a área de transição entre o ambiente natural e o sistema produtivo pode apresentar características intermediárias para ambos os ambientes (Costa e Drescher, 2018).

A degradação das pastagens podem ser mais bem retratada por meio de alterações nos indicadores de qualidade do solo (Pessoa et al., 2012; Lisbôa, et al., 2016). Eles são propriedades mensuráveis que indicam a capacidade do solo de sustentar e promover a qualidade ambiental, e podem ser divididos em físicos, químicos e biológicos (Murphy et al., 2006). Esses indicadores permitem distinguir os efeitos proporcionados pelos diferentes sistemas de manejo nos solos e contribuem para o monitoramento do manejo (Ferreira et al., 2010).

Com exceção da densidade de partículas, as características físicas do solo são modificadas quando se converte floresta em pastagem (Souza Braz et al., 2013). Em pastagens, a degradação física do solo pode ocorrer principalmente pela compactação originada pelo pisoteio dos animais, comprometendo mais diretamente as camadas superficiais. Essas modificações dependem da intensidade do pisoteio, da umidade e do tipo de solo (Costa et al., 2012; Torres et al., 2014). Estudos realizados por Zenero et al. (2019), avaliando a variabilidade na retração do solo ao longo de topossequências florestais e de pastagens, evidenciou que o fraco encolhimento do solo da Amazônia é proporcionado pelo plasma argiloso dominado pela caulinita.

As propriedades físicas do solo em função de diferentes manejos de pastagem, modificam a densidade do solo, resistência do solo à penetração, porosidade total e macroporosidade (Silva et al., 2017), com isso, diminui a infiltração e acúmulo de água (Grimaldi et al., 2014; Bonetti et al., 2019) aumenta os riscos de erosão, perda de nutrientes (Germer et al., 2009; Merten et al., 2015) e flutuações de temperatura do solo (Lal, 2015), que impactam o solo, cultura e ambiente (Busari et al., 2015).

Estudos em sistemas de integração lavoura-pecuária mostraram que a compactação do solo ocorre principalmente na camada superficial, 0-5 cm de profundidade, com maior intensidade de pastejo (manejo de pastagem a 10 cm de altura) e isso não ocorre sob pastejo moderado (pasto a 30 cm altura do pasto) (Cecagno et al., 2016). Bonetti et al.

(2019), observaram que, o pisoteio intensivo de animais em um Latossolo Vermelho reduz significativamente, o volume de poros dilatados maior que 100 μm , na camada superficial em pastagem mantida menor que 20 cm.

Os diferentes usos e manejos influenciam nos atributos físicos, teores e estoques de carbono do solo (Mascarenhas et al., 2017). Áreas de pastagem apresentam alterações na matéria orgânica do solo e resistência do solo a penetração, com algum grau de degradação quando comparadas com a área de vegetação nativa (Neves Neto et al., 2013), muitas vezes com RSP acima dos valores críticos (Couto et al., 2016, Vogel e Fey, 2016). Neves Junior et al. (2013), estudando, sistemas de manejo do solo na recuperação de uma pastagem degradada em Rondônia, evidenciaram, valores de densidade do solo acima do valor adotado como crítico.

O carbono orgânico do solo representa 58% da matéria orgânica do solo, que é uma mistura de material vegetal, animal e microbiano parcialmente decomposto (Stockmann et al., 2013). No pasto, mais de 90% do estoque de C é armazenado no solo (Reeder e Schuman, 2002). No entanto, leva mais tempo para construir o carbono orgânico do solo do que perdê-lo (Soussana et al., 2010; Smith, 2014), o que ressalta a importância de conservar esse serviço ecossistêmico para ajudar a manter o CO_2 fora da atmosfera e pelas diversas vantagens que ele atribui nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Sendo que, solos de pastagem podem estocar uma grande porção de C, e o manejo de pastagens impacta diretamente no armazenamento de C no solo (Chen et al., 2015).

Estudos realizados por Seó et al. (2017), evidenciaram que, solos das pastagens rotacionadas estocaram mais C do que os solos dos mananciais manejados com sistema de plantio direto em ambas as estações do ano. Os autores atribuíram isso, a frequente adubação do pasto, devido ao alto retorno dos resíduos, relacionada à alta densidade populacional do gado, e as raízes perenes e diversas do pasto.

A matéria orgânica do solo tem sido considerada um indicador sensível de mudanças de manejo (Niaz et al., 2017), principalmente ao avaliar alguns reservatórios específicos, como o carbono orgânico do solo (Sequeira et al., 2011). As perdas de C em função de uma gestão inadequada podem comprometer a sustentabilidade a longo prazo dos sistemas agrícolas em termos de balanço de carbono (Petter et al., 2017). A estabilização do carbono orgânico nos solos sob diferentes tipos de manejos, depende da quantidade de carbono armazenada no solo e tipo de estrutura que é depositada (Assunção et al., 2019). Práticas convencionais de cultivo reduzem a proteção física proporcionada pela matéria orgânica do solo, expondo-a a fatores de degradação, levando à perda de C, juntamente com processos erosivos (Razafimbelo et al., 2008).

Estudos realizado por Dias et al. (2019), avaliando, os efeitos da mudança do uso da terra nos atributos químicos em solos de cerrado, observaram redução da fertilidade do solo quando a vegetação nativa do Cerrado é convertida em pastagens ou sistemas de

cultivo manejado. Martins et al. (2010), estudando, atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco, constataram que os atributos mais sensíveis a degradação são C da biomassa microbiana do solo, quociente microbiano, carbono orgânico do solo, Ca e H+Al. Nas áreas agrícolas, ocorre redução nos valores de carbono orgânico do solo e nas propriedades biológicas do solo quando comparados aos das áreas de pasto e florestais.

Já, Lisboa, et al. (2016), estudando indicadores de qualidade de solo relacionados à degradação de pastagens em Latossolo, constataram que as variáveis mais sensíveis são matéria orgânica leve e o conteúdo de Ca+Mg, à profundidade 0,00–0,05 m, e o conteúdo de K nas profundidades 0,05–0,10 e 0,10–0,20 m. Araújo et al. (2011), analisando a conversão mata-pastagem, também encontraram baixos teores de Ca, Mg, K e P nas primeiras camadas do solo em áreas com cultivo.

Mendes et al. (2015a), em conclusão, destacaram que a conversão da floresta amazônica para práticas agrícolas tem fortes efeitos sobre o microbioma do solo, com consequências na composição e diversidade funcional microbiana taxonômica e potencial. Já, Mendes et al. (2015b), constataram que, o manejo interfere nas comunidades microbianas, devido, a derrubada, queimada, adubação e correção do solo, que afetam as propriedades dos solos. E que, filos específicos de microrganismos do solo correlacionaram-se com mudanças nas propriedades em suas propriedades, tais como índice de saturação de Al, índice de saturação por bases, Mg e Ca.

Sistemas de pastagens quando manejados adequadamente podem melhorar muitas propriedades do solo, como, retenção de água, estabilidade de agregados, matéria orgânica do solo e ciclagem de nutrientes (Franzluebbers et al., 2011), como mostrado por Soares et al. (2016), que observaram elevadas percentagem de agregados com maiores diâmetros em áreas com pastagens. Souza Braz et al. (2013), observaram aumento dos estoques de carbono em pastagens após 8 anos de uso em relação à floresta, e que, se usar frequente o fogo para limpeza, ocorre um decréscimo. Além disso, constataram, que a conversão de floresta para pastagem usando fogo aumenta os valores de pH e disponibilidade de P, Ca e K no solo, e diminui o Al³⁺ trocável.

Trabalho realizado por Stahl et al. (2017), avaliando, o armazenamento contínuo de carbono no solo de pastagens antigas e permanentes na Amazônia, concluíram que, antigas pastagens tropicais podem restaurar o armazenamento de C observado em mata nativa. E que, duas décadas após o estabelecimento, as pastagens tropicais acumulam carbono orgânico do solo ao longo do tempo, sugerindo que elas podem ser exploradas pelos agricultores a longo prazo sem a perda de fertilidade do solo frequentemente observada em solos cultivados. Entretanto, para isso os agricultores devem evitar utilizar o fogo e devem manejar as pastagens usando um plano de rotação de pastoreio e uma mistura de espécies C3 e C4.

Estudos realizados por Bonetti et al. (2019), constataram que, pastagem nas alturas de 30 e 40 cm promove maior retenção de água na camada superficial (0-5 cm de profundidade) nos potenciais matriciais de -6 e -10 kPa, e que, melhora a condição física do solo, infiltração e retenção de água. O pastejo contínuo com 30 cm de altura favorece o aumento da taxa de infiltração de água, devido à melhoria das propriedades físicas do solo (densidade e macroporosidade).

3.3 Influência dos atributos do solo no acúmulo de biomassa em pastagens

Capim Braquiária e Mombaça em condições de cerrado obtêm produtividades de biomassa seca suficientes para uma boa cobertura do solo, se manejados adequadamente, entretanto, o Mombaça possui produção superior ao da Braquiária. Eles apresentam taxa de decomposição inferiores a 50%, aos 75 dias após o corte. Sendo o nitrogênio o nutriente que acumula em maior quantidade e o potássio o que é liberado mais rápido, quando comparados à dos outros macronutrientes (Bernardes et al., 2010).

Entre os fatores controláveis que determinam a produção e a qualidade da forragem, a fertilidade do solo, incluindo o uso de fertilizantes, é uma das mais importantes. Solos tropicais são naturalmente ácidos e pobres em nutrientes. Diante disto, a calagem do solo e o fornecimento equilibrado de nutrientes são essenciais para garantir altos rendimentos e alta qualidade da forragem (Camargo et al., 2002; Bernardi et al., 2016). Grego et al. (2012), estudando variabilidade espacial do solo e da biomassa epigea de pastagem, observaram que, a produção de biomassa é mais influenciada pelos atributos físicos do solo do que pelos químicos. A qualidade física do solo está associada à infiltração, retenção e disponibilização de água e nutrientes às plantas e o crescimento das raízes (Ferreira et al., 2010).

Costa et al. (2012), estudando influência da resistência do solo a penetração na produção de raízes e forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo, evidenciaram que quanto maior a resistência do solo a penetração (RSP) menor é a produção de raízes de *Panicum maximum* e que a classe de maior produção de raízes foi definida quando os valores de resistência à penetração foram inferiores a 1 MPa. Silva et al. (2010), avaliando a compactação dos solos em áreas de pastagens e florestas em Porto Velho, Rondônia, evidenciaram os maiores índices de RSP para áreas de pastagens em relação a floresta, que apresentaram valores de RSP superiores a 2,5 MPa considerado restritivo ao desenvolvimento radicular. Vitória et al. (2012), encontraram correlação linear negativa entre a produtividade de matéria seca e a densidade do solo na camada superficial.

O monitoramento da altura de dossel é uma técnica simples e rápida de baixo custo, utilizada para melhorar a produção animal em sistemas de pastejo e obter adequadas respostas morfofisiológicas da planta e maior desempenho animal. Apesar da existência da variabilidade espacial em pastos mantidos em lotação contínua, a altura é um parâmetro

de confiabilidade para estimar a massa seca de forragem, bem como para determinar a cobertura do solo (Paula Neto et al., 2014). O dossel forrageiro apresenta heterogeneidade na morfologia em função da distribuição espacial da fertilidade do solo e da profundidade efetiva (Oliveira et al., 2015b).

3.4 Influência do relevo nos atributos do solo e biomassa de pastagens

Milne (1935), em seu trabalho original que conceitua o termo catena notou que os perfis de solos mudavam de características em função de sua posição no relevo. Posteriormente, o termo catena foi alterado permitindo considerar mais de um material de origem, e passou-se a adotar o termo mais abrangente de topossequência.

A dependência espacial da fertilidade no ecossistema solo é influenciada pelos fatores de formação (material de origem, relevo, organismo, clima e tempo) e, ao manejo empregado (Zanão Júnior et al., 2010). Refletem profundamente na característica de acúmulo de massa e crescimento, o que dependendo da magnitude do efeito, da variabilidade no teor da concentração de cada elemento e exploração do perfil do solo em profundidade, podem influir em modificações no dossel forrageiro e afetar diretamente no manejo e no aproveitamento do pasto (Santos et al., 2010).

O relevo, ou posição topográfica, é capaz de alterar o conteúdo de água do solo em função da altitude e exposição ao sol, conseqüentemente modificando a temperatura do solo, bem como é responsável por variações no nível do lençol freático e intensidade dos processos de remoção e deposição de sedimentos (Chagas et al., 2013). Conseqüentemente, ocorrem alterações no padrão espacial das propriedades físicas e químicas do solo, dependendo da posição no relevo (Maireles et al., 2012).

Áreas de pastagens, por mais bem manejadas que sejam, costumam apresentar heterogeneidade espacial na conformação estrutural como reflexo das características químicas do solo, podendo este problema ser ainda mais acentuado quando as pastagens são estabelecidas em áreas declivosas (Artur et al., 2014). O declive potencializa o deslocamento de nutrientes e partículas de solo, que são conduzidos pelo deflúvio encosta abaixo resultando em maior estratificação da fertilidade e submetendo o solo, em algumas situações, a um processo de rejuvenescimento (Lybrand e Rasmussen, 2018; Valtera et al., 2015). Em estudo Torres et al. (2019), evidenciaram, relação entre os ângulos de inclinação e o grau de degradação de pastagens. Além disso, propôs a necessidade de política relevante para regular o pastoreio de bovinos em encostas acima de 10°, visando uma redução geral da degradação das pastagens.

Oliveira et al. (2015b), estudando, variabilidade espacial das respostas produtivas e morfológicas do capim-Marandu em função dos atributos químicos e topográficos. Evidenciaram que, a análise química e de profundidade efetiva do solo podem ser vistas como prenúncio ao manejo do pasto, que por sua vez poderá ser ajustado de acordo com as

especificidades relativas às condições topográficas. Além disso, observou que as posições de ombro e meia encosta foram menos produtivas para capim Marandu, sendo necessário um manejo diferente do topo e pedimento.

Gomes et al. (2009), constataram que terrenos declivosos, apresentam elevada discrepância no aproveitamento do pasto, visto que a heterogeneidade dos atributos do solo influencia a produtividade e crescimento das plantas, e que, as variações observadas na forrageira neste tipo de terreno deveriam ser inseridas dentro do manejo de pastagem, para melhor divisão de piquetes.

Santana et al. (2017), observaram, alta variação na distribuição dos nutrientes no solo ao longo da rampa de escoamento superficial, atingindo diferenças significativas para matéria orgânica do solo, K e Zn, que aumentaram suas concentrações a medida que aumentava-se o comprimento de rampa. Já, Pinheiro Junior et al. (2019), avaliando, a influência da topografia sobre a restauração das propriedades do solo após o desmatamento em um ecossistema semiárido. Observaram, pouca influência da topografia nos processos de degradação e restauração das propriedades do solo após o desmatamento, e que, as condições de baixa pluviosidade, redução do intemperismo e do mesmo material de origem tendem a manter uma maior uniformidade na química, morfológica e física do solo.

Campos et al. (2012), estudando, topossequência de solos na transição campos naturais-floresta na região de Humaitá Amazonas, constataram que, a variação dos solos na topossequência tem relação direta com a variação do relevo, que condiciona a drenagem e o nível do lençol freático, favorecendo o aparecimento horizontes glei ou plínticos.

3.5 Erodibilidade do solo

O solo é um recurso natural não renovável, que desempenha um papel essencial na produção agrícola e na preservação da biodiversidade (Bellezoni et al. 2014; Wagg et al. 2014). Assumindo que o solo é um recurso não renovável (Lal e Stewart, 1992), qualquer nível de degradação pode limitar ou inibir sua funcionalidade (Salvati et al. 2013). A erosão tem sido uma preocupação principalmente em áreas cultivadas com pastagem.

A previsão da perda de solo é importante para estabelecer práticas de uso da terra para as gerações futuras, garantindo assim a produção sustentável de alimentos, fibras e combustíveis renováveis (Galdino et al., 2016). Sendo assim, a avaliação espacial da erosão do solo é essencial para a adaptação de práticas agrícolas e monitoramento da degradação do solo.

A avaliação da perda de solo é realizada usando estimativas como a Universal Soil Loss Equation (USLE) (Wischmeier e Smith, 1978) e Water Erosion Prediction Project (WEPP) (Lane e Nearing, 1989). A erodibilidade do solo é um parâmetro de caráter intrínseco de cada solo que representa o efeito integrado de processos que regulam a infiltração de água e a resistência do solo à desagregação e transporte de partículas (Lal

1988). Portanto, refere-se à predisposição do solo à erosão. No USLE, a erodibilidade é representada pelo fator K (erodibilidade global) e no WEPP é representada pelos fatores K_i (erodibilidade entressulcos) e K_r (erodibilidade em sulco).

Em campo, os fatores K, K_i e K_r de erodibilidade são determinados utilizando precipitação (natural ou simuladas), entretanto esses fatores podem ser estimados, usando atributos relacionados com a erosão do solo, por modelos matemáticos tais como aqueles utilizados por Denardin (1990) e Flanagan e Livingston (1995). A estimativa desses fatores pelos modelos requer atributos do solo que são quantificados em laboratório, tornando o método mais rápido e menos oneroso, em comparação aos métodos de campo.

Esses fatores podem ser influenciados pelo manejo e pelos atributos do solo, incluindo atributos mineralógicos. Correa et al. (2008) e Barbosa et al. (2019), relatam que, um maior conteúdo de hematita pode melhorar a resistência do solo à erosão, devido aos óxidos de ferro que facilitam a estruturação e a agregação do solo. Klein e Klein (2014) e Oliveira et al. (2014) relatam que diferentes práticas de manejo podem resultar na compactação de camadas profundas do solo, alterando o comportamento da infiltração e escoamento das águas, podendo ocasionar erosão do solo.

Barbosa et al. (2019), avaliando, a predição e mapeamento de fatores de erodibilidade (USLE e WEPP) por suscetibilidade magnética em solos derivados de basalto no nordeste do estado de São Paulo, Brasil. Constataram que, as taxas de fatores de erodibilidade K, K_i e K_r foram governadas pelo material de origem em Latossolos com diferentes teores de ferro.

3.6 Uso da estatística multivariada e geoestatística no estudo dos atributos do solo

Vários estudos têm aplicado a estatísticas multivariadas, nas investigações de variáveis do solo em áreas com pastagem (Soares et al., 2016; Couto et al. 2016; Rodrigues et al., 2016; Dias et al., 2019; Assunção et al., 2019; Zenero et al. (2019).

De acordo com Sena et al. (2002), uma das vantagens dessas técnicas é a formação de agrupamento de populações com características similares, permitindo um melhor entendimento das variações dos processos que ocorrem no solo. Para Fu et al. (2004), o uso dessa técnica possibilita observar inter-relações entre os aspectos topográficos e os atributos do solo.

Na análise simultânea de muitas variáveis, a estatística multivariada é uma ferramenta eficiente (Aquino et al., 2016), que pode auxiliar na tomada de decisão sobre o uso e manejo adequado do solo, com base nas variações dos atributos do solo, e indicar os atributos que mais sofrem mudança pela ação antrópica, além de servir de base para o planejamento agrícola, visando a sustentabilidade ambiental (Oliveira et al., 2015a; Aquino et al., 2016).

Couto et al. (2016), estudando, os atributos edáficos e resistência a penetração em áreas de sistemas agroflorestais no sudoeste amazônico, concluíram a partir da análise de componentes principais, que áreas de Cambissolos se distinguem das demais ordens de solo, sendo influenciadas principalmente, pelos menores teores de argila, carbono orgânico, K e P.

Atributos de solo apresentam forte dependência espacial, uma vez que variam conforme o local na paisagem (Vieira e Dechen, 2010; Grego et al., 2011; VidalVázquez et al., 2012). A geoestatística é o ramo da estatística aplicada que desenvolve e aplica modelos para representar fenômenos naturais cujas propriedades variam em função da localização espacial dos pontos de observação (Matheron, 1962). Ela permite quantificar a magnitude e o grau de dependência espacial e descrever, detalhadamente, a variabilidade espacial dos atributos estudados (Uchôa et al., 2011, Santi et al., 2012), que apresentam algum grau de organização ou continuidade (Vieira e Dechen, 2010).

Assim, permite a interpretação e a projeção dos resultados, com base na estrutura da sua variabilidade natural, podendo indicar alternativas de manejo, além de possibilitar melhor compreensão da variabilidade dos atributos, sua influência sobre a produção (Silva Neto et al., 2012; Davatgar, et al., 2012), aumento na economia com uso racional de fertilizantes (Cotching et al. 2019) e a indicação de uma densidade de amostragem ideal (Vieira, 2000).

A variabilidade espacial das propriedades do solo e biomassa sob sistemas de pastagem tem sido relatada em vários estudos (Mathews et al. 1994; Zhang et al. 2008; Fu et al. 2010; Sanderson et al. 2010; Grego et al., 2011; Moir et al. 2011; Grego et al., 2012; Davatgar, et al., 2012; Aquino et al., 2014; Torres et al., 2014; Paula Neto et al., 2014; Gourley et al. 2015; Bernardi et al., 2016; Cotching et al. 2019). A geoestatística também foi utilizada para avaliar a variabilidade da erodibilidade do solo (Barbosa et al., 2019). Estudos recentes têm sido utilizado para avaliar a geoestatística associada à análise fatorial (Almeida e Guimarães, 2016; Cunha et al., 2019). Os atributos químicos do solo, com exceção do pH, apresentam maior variação que os atributos físicos, em área cultivada (Bottega et al. 2013). A redistribuição de nutrientes do piquete em pastagens pastadas ocorre devido a deposição de excreções por animais (Gourley et al. 2015).

Grego et al. (2012), utilizaram a análise espacial de atributos físicos do solo para identificar áreas degradadas de pastagem e observaram dependência espacial nos mapas de pH, capacidade de trocar cátions, saturação por bases e matéria orgânica, Ca e Mg. Paula Neto et al. (2014), usou a geoestatística para estudar a distribuição espacial da altura do dossel e efeito sobre a cobertura do solo em pastos mantidos em lotação contínua. Santana et al. (2017), analisou a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo na remoção de nutriente e da produtividade da *Brachiaria humidicula* em rampas de escoamento superficial no tratamento de esgoto sanitário operando em condições reais.

Áreas com pastagem evidenciaram maior variabilidade espacial para os atributos argila, macroporosidade, P e Ca (Oliveira et al., 2015a). Vitória et al. (2012), constataram que, a produtividade de matéria seca, o índice de área foliar de *Brachiaria brizantha*, a densidade do solo e a porosidade total não variaram aleatoriamente e apresentaram variabilidade dos dados entre baixa e média, independentemente do sistema de manejo do solo.

Estudos realizados por Cotching et al. (2019), avaliando, a variação espacial dos nutrientes do solo em piquetes de pasto leiteiro, evidenciou, alta variabilidade de nutrientes dentro de piquetes, particularmente os níveis de P e K, com alguns pontos de nutrientes em excesso de dez vezes o nível necessário para o crescimento ótimo da pastagem. Além disso, observou que quanto maior a distância do portal menor é a concentração de P e K no solo.

Aquino et al. (2014), observaram, com base no alcance, maior continuidade espacial em área de floresta e menor densidade amostral em pastagem. Além disso, destacou grau de dependência espacial forte em área de floresta e moderado em pastagem para os atributos químicos do solo. Barbosa et al. (2019), estudando previsão e mapeamento de fatores de erodibilidade (USLE e WEPP) por suscetibilidade magnética, encontraram, forte dependência espacial para os fatores K, Ki e Kr. Além disso, ressaltou que mapas de variabilidade espacial de fatores de erodibilidade são importantes para identificar áreas sujeitas a impacto ambiental, que é uma etapa essencial no estabelecimento de futuras políticas ambientais que afetam a proteção ambiental.

Gros Filho et al. (2016), estudando, a variabilidade espacial das características de produção da gramínea. Observaram, melhores ajustes dos semivariogramas quando se utilizou 120 e 150 pontos de amostra. Concluiu que, deve-se utilizar no mínimo 120 pontos de amostras para realizar estudos da variabilidade espacial das características de produção de massa em pastagens de *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Bernardi et al. (2016), estudando variabilidade espacial em áreas de pastagens, evidenciaram que a geoestatística é uma ferramenta eficaz para revelar a variabilidade espacial do solo e da pastagem e apoiar estratégias de manejo. Autores utilizaram a geoestatística para criar mapas de distribuição espacial do solo e projetar mapas de aplicação de cal e fertilizantes específicos do local. Proporcionando, gerenciamento para evitar problemas econômicos, bem como problemas ambientais potenciais, causados por fontes de nutrientes desequilibradas e pastagem excessiva ou insuficiente.

Silva e Lima (2012), trabalhando com análise multivariada e geoestatística verificaram que o agrupamento de informações permitiu uma redução dimensional dos atributos do solo, sem perdas na qualidade da informação gerada. Já Almeida e Guimarães (2016), observaram que, a geoestatística associada à análise fatorial pode facilitar ou permitir o estudo da interação dos atributos dos solos, quando estes apresentam

dependência espacial.

4 | CONCLUSÕES

Os processos de conversão de ambientes naturais em pastagens afetam diretamente os atributos físicos e químicos do solo interferindo no acúmulo de biomassa em pastagens. O relevo como processo de formação é um fator imprescindível a ser avaliado na escolha da área e manejo a ser adotado.

Apesar da elevada produção nacional, é necessário buscar técnicas de manejo que permitam aumentar a quantidade de animais por hectare, diminuindo assim a necessidade de desmatar áreas para aumentar a produção. As estatísticas multivariadas e geoestatística são ferramentas essenciais para avaliação dos ambientes, auxiliam na tomada de decisões sobre o uso e manejo adequado do solo, facilitando o planejamento agrícola.

REFERÊNCIAS

- Almeida, L. S.; e Guimarães, E. C. Geoestatística e análise fatorial exploratória para representação espacial de atributos químicos do solo, na cafeicultura. *Coffee Science*, v. 11, n. 2, p. 195 – 203, 2016.
- Aquino, R. E.; Campos, M. C. C.; Soares, M. D. R.; Oliveira, I. A.; Franciscan, U.; Silva, D. M. P.; Cunha, J. M. Chemical soil attributes evaluated by multivariate techniques and geostatistics in the area with agroforestry and sugarcane in Humaitá, AM, Brasil. *Bioscience Journal*, v. 32, n. 1, p. 61-72, 2016.
- Aquino, R. E.; Marques Júnior, J.; Campos, M. C. C. Oliveira, I. A.; Siqueira, D. S. Distribuição espacial de atributos químicos do solo em área de pastagem e floresta. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 44, n. 1, p. 32-41, 2014.
- Araújo, E. A.; Ker, J. C.; Mendonça, E. S.; Silva, I. R.; Oliveira, K. O. Impacto da conversão floresta-pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. *Acta Amazônica*, v. 41, n. 1, p. 103-114, 2011.
- Artur, A. G.; Oliveira, D. P.; Costa, M. C. G.; Romero, R. E.; Silva, M. V. C.; Ferreira, T. O. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v.18, n.2, p.141-149, 2014.
- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes – ABIEC, 2019. Perfil da pecuária no Brasil. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/PublicacoesLista.aspx>>. Acessado em 09/05/2019.
- Assunção, S. A.; Pereire, M. G.; Rosset, J. S.; Berbara, R. L. L.; García, A. C. Carbon input and the structural quality of soil organic matter as a function of agricultural management in a tropical climate region of Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 658, p. 901–911, 2019.
- Barbosa, F. A.; Oliveira, V. T.; Bicalho, F. L.; Lopes, L. B.; Florence, E. A. S.; Mandarino, R. A.; Azevedo, H. O. Indicadores de sustentabilidade na pecuária bovina de corte – Projeto Pecuária Integrada de Baixo Carbono. In: *Anais do VI Simpósio Nacional sobre Produção e Gerenciamento da Pecuária de Corte*, pp. 67–84, 2014.

Barbosa, R. S.; Marques Júnior, J.; Barrón, V.; Martins Filho, M. V.; Siqueira, D. S.; Peluco, R. G.; Camargo, L. A.; Silva, L. S. Prediction and mapping of erodibility factors (USLE and WEPP) by magnetic susceptibility in basalt-derived soils in northeastern São Paulo state, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, v. 78, p. 1-12, 2019.

Bellezoni, R. A.; Iwai, C. K.; Elis, V. R.; Paganini, W. S.; Hamada, J. Smallscale landfills: impacts on groundwater and soil. *Environmental Earth Sciences*, v. 71, p. 2429–2439, 2014.

Bernardes, T. G.; Silveira, P. M.; Mesquita, M. A. M.; Aguiar, R. A.; Mesquita, G. M. Decomposição da biomassa e liberação de nutrientes dos capins Braquiária e Mombaça, em condições de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 40, n. 3, p. 370-377, 2010.

Bernardi, A. C. C.; Bettiol, G. M.; Ferreira, R. P.; Santos, K. E. L.; Rabello, L. M.; Inamasu, R. Y. Spatial variability of soil properties and yield of a grazed alfalfa pasture in Brazil. *Precision Agriculture*, v. 17, p. 737–752, 2016.

Bonetti, J. A.; Anghinoni, I.; Gubiani, P. I.; Cecagno, D.; Moraes, M. T. Impact of a long-term crop-livestock system on the physical and hydraulic properties of an Oxisol. *Soil & Tillage Research*, v. 186, p. 280–291, 2019.

Bottega, E. L.; Queiroz, D. M.; Carvalho Pinto, F. D. A.; Souza, C. M. A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no Cerrado brasileiro. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2013.

Busari, M. A.; Kukal, S. S.; Kaur, A.; Bhatt, R.; Dulazi, A. A. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*, v. 3, p. 119–129, 2015.

Camargo, A. C.; Novo, A. L.; Novaes, N. J.; Esteves, S. N.; Manzano, A.; Machado, R. Produção de leite a pasto (Dairy production on pasture). In 18º Simpósio sobre o manejo da pastagem. p. 285–319, 2002.

Campos, M. C. C.; Ribeiro, M. R.; Souza Júnior, V. S.; Ribeiro Filho, M. R.; Almeida, M. C. Topossequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá, Amazonas. *Acta Amazônica*, v. 42, v. 3, p. 387 – 398, 2012.

Cecagno, D.; Costa, S. E. V. A.; Anghinoni, I.; Kunrath, T. R.; Martins, A. P.; Reichert, J. M.; Gubiani, P. I.; Balerini, F.; Fink, J. R.; Carvalho, P. C. F.; Least limiting water range and soybean yield in system under different grazing different grazing intensities. *Soil Tillage Research*, v. 156, p. 54–62, 2016.

Chagas, C. S.; Fontana, A.; Carvalho Junior, W.; Caires, S. M. Atributos topográficos na diferenciação de Argissolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. 6, p. 1441-1453, 2013.

Chen, W., Huang, D., Liu, N., Zhang, Y., Badgery, W. B., Wang, X., et al. Improved grazing management may increase soil carbon sequestration in temperate steppe. *Scientific Reports*. v. 5, p. 1–13, 2015.

Correa, M. M.; Ker, J. C.; Barrón, V.; Fontes, M. P. F.; Torret, J.; Curi, N. Caracterização de óxidos de ferro de solos do ambiente tabuleiros costeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1017–1031, 2008.

Costa, K. A. P.; Rosa, B.; Oliveira, I. P.; Custódio, D. P.; Silva, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Ciência Animal Brasileira*, v. 6, p. 187-193, 2005.

Costa, L. M.; Drescher, M. S.; Implications of agricultural management on the epigeic fauna and soil physical properties of a clayey Oxisol. *Revista Ceres*, v. 65, n.5, p. 443-449, 2018.

Costa, M. A. T.; Tormena, C. A.; Lugão, S. M. B.; Fidalski, J.; Nascimento, W. G.; Medeiros, F. M. Resistência do solo à penetração e produção de raízes e de forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, p. 993-1004, 2012.

Cotching, W. E.; Taylor, L.; Corkrey, S. R. Spatial variation of soil nutrients in dairy pasture paddocks. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, p. 1-13, 2019.

Couto, W. H.; Anjos, L. H. C.; Wadt, P. G. S.; Pereira, M. G.; Atributos edáficos e resistência a penetração em áreas de sistemas agroflorestais no sudoeste amazônico. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 3, p. 811-823, 2016.

Cunha, J. M.; Campos, M. C. C.; Lima, A. F. L.; Brito Filho, E. G.; Silva, D. M. P.; Souza, F. G.; Silva, L. I.; Sales, M. C. G.; Oliveira, I. A. Multivariate Geospatial Feature of the Soil Attributes of Archaeological Dark Earth in Novo Aripuanã, AM. *Journal of Agricultural Science*, v. 11, n. 8, p. 196-205, 2019.

Davatgar, N.; Neishabouri, M. R.; Sepaskah, A.R. Delineation of site specific nutriente management zones for a paddy cultivated área based on soil fertility using fuzzy clustering, *Geoderma*, v. 173-174, n.2, p. 111-118, 2012.

Denardin, J.E. Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990, 81 p.

Dias, F. P. M.; Hübner, R.; Nunes, F. J.; Leandroa, W. M.; Xavier, F. A. S.; Effects of land-use change on chemical attributes of a Ferralsol in Brazilian Cerrado. *Catena*, v. 177, p. 180–188, 2019.

Ferreira, R. R. M.; Filho, J. T.; Ferreira, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010.

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

Franzluebbers, A. J.; Stuedemann, J. A.; Franklin, D. H. Water infiltration and surface-soil structural properties as influenced by animal traffic in the Southern Piedmont USA. *Renewable Agriculture and Food Systems*, v. 27, p. 256–265, 2011.

Freitas, K. R.; Rosa, B.; Ruggiero, J. A. et al. Avaliação da composição químico bromatológica do capim Mombaça (*Panicum maximum*) submetidos a diferentes doses de nitrogênio. *Bioscience Journal*, v.23, n.3, p.1-10, 2007.

Fu W.; Tunney, H.; Zhang, C. Spatial variation of soil nutrients in a dairy farm and its implications for site-specific fertilizer application. *Soil and Tillage*, v. 106, n. 2, p. 185-193, 2010.

Fu, B. J.; Liu, S. L.; Ma, K. M.; Zhu, Y. G. Relationships between soil characteristics, topography and plant diversity in a heterogeneous deciduous broad-leaved forest near Beijing, China. *Plant and Soil*, v. 261, n. 01/02, p. 47-54, 2004.

- Galdino, S.; Sano, E. E.; Andrade, R. G.; Grego, C. R.; Nogueira, S. F.; Bragantini, C.; Flosi, A. H. Large-scale Modeling of Soil Erosion with RUSLE for Conservationist Planning of Degraded Cultivated Brazilian Pastures. *Land Degradation Development*, v. 27, p. 773–784, 2016.
- Germer, S.; Neill, C.; Krusche, A. V.; Eisenbeer, H. Influence of land-use change on near-surface hydrological processes: undisturbed forest to pasture. *Journal of Hydrology*, v. 380, p. 473–480, 2009.
- Gomes, V. M.; Santos, M. E. R.; Silva, S. P.; Fonseca, D. M.; Silva, G. P.; Santo, A. L. Variabilidade espacial da vegetação durante a utilização do pasto diferido de capim-braquiária. In: *Zootec*, 2009, Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia: ABZ, 2009.
- Gourley, C. J. P.; Aarons, S. R.; Hannah, M. C.; Awty, I. M.; Dougherty, W. J.; Burkitt, L. L. Soil phosphorus, potassium and sulphur excesses, regularities and heterogeneity in grazing-based dairy farms. *Agriculture Ecosystems and Environment*, v. 201, p. 70–82, 2015.
- Grego, C. R.; Coelho, R. M.; Vieira, S. R. Critérios morfológicos e taxonômicos de Latossolo e Nitossolo validados por propriedades físicas mensuráveis analisadas em parte pela geostatística. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 337350, 2011.
- Grego, C. R.; Rodrigues, C. A. G.; Nogueira, S. F.; Gimenes, F. M. A.; Oliveira, A.; Almeida, C. F.; Furtado, A. L. S.; Demarchi, J. J. A. A. Variabilidade espacial do solo e da biomassa epigea de pastagem, identificada por meio de geostatística. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 47, n. 9, p. 1404-1412, 2012.
- Grimaldi, M.; Oszwald, J.; Doledec, S.; Hurtado, M. D. P.; Souza Miranda, I.; Arnaud de Sartre, X.; Santos de Assis, W.; Castaneda, E.; Desjardins, T.; Dubs, F.; Guevara, E.; Gond, E.; Thaiz Santa Lima, T.; Marichal, R.; Michelotti, F.; Mitja, D.; Cornejo Noronha, N.; Delgado Oliveira, M. N.; Ramirez, B.; Rodriguez, G.; Sarrazin, M.; Lopes da Silva Jr. M.; Silva Costa, L.G.; Lindoso de Souza, S.; Veiga Jr. I.P.; Velasquez, E.; Lavelle, P. Ecosystem services of regulation and support in Amazonian pioneer fronts: searching for landscape drivers. *Landscape Ecology*, v. 29, p. 311–328, 2014.
- Gros Filho, A. R.; Garcia, R. N.; Silva, A. F.; Penno, M. S.; Silva Neto, S. P. Predição espacial das características de produção de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. *Engenharia na agricultura*, v. 24 n. 5, p. 406-416, 2016.
- Hungria, M.; Nogueira, M. A.; Araujo, R. S. Inoculation of *Brachiaria* spp. with the plant growth promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 221, p. 125–131, 2016.
- Klein, C.; Klein, V. A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. *Revista Monografias Ambientais*, v.13, n.5, p. 3915-3925, 2014.
- Kwon, H. Y.; Nkonya, E.; Johnson, T.; Graw, V.; Kato, E.; Kihui, E. Global Estimates of the Impacts of Grassland Degradation on Livestock Productivity from 2001 to 2011. In: Nkonya, E., Mirzabaev, A., Von Braun, J. (Eds.), *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development*. Springer Open, pp. 197–214, 2016.
- Lal, R. Erodibility and erosivity. In: Lal R (ed) *Soil erosion research methods*. Soil and Water Conservation Society, Wash ington, p. 141–160, 1988.
- Lal, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, v. 7, p. 5875–5895, 2015.

Lal, R.; Stewart, B. A. Need for land restoration. In: Lal R, Stewart B. A. (eds) Soil restoration. Springer, New York, p. 1–11, 1992.

Lane, L. J.; Nearing, M. A. Water erosion prediction project: hillslope profile model documentation. National Soil Research Laboratory & USDA, Washington, D.C, West Lafayette, 1989.

Lathuilière, M. J.; Bulle, C.; Johnson, M. S. Complementarity in mid-point impacts for water use in life cycle assessment applied to cropland and cattle production in Southern Amazonia. *Journal of Cleaner Production*, v. 219, p. 497-507, 2019.

Lisbôa, F. M.; Donagemma, G. K.; Burak, D. L.; Passos, R. R.; Mendonça, E. S. Indicadores de qualidade de Latossolo relacionados à degradação de pastagens. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 51, n. 9, p. 1184-1193, 2016.

Lybrand, R. A.; Rasmussen, C. Climate, topography, and dust influences on the mineral and geochemical evolution of granitic soil in southern Arizona. *Geoderma*, v. 314, p. 245–261, 2018.

Mandarino, R. A.; Barbosa, F. A.; Lopes, L. B.; Telles, V.; Florence, E. A. S.; Bicalho, F. L. Evaluation of good agricultural practices and sustainability indicators in livestock systems under tropical conditions. *Agricultural Systems*, v. 174, p. 32–38, 2019.

Martins, C. M.; Galindo, I. C. L.; Souza, E. R.; Poroca, H. A. Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 1883-1890, 2010.

Mascarenhas, A. R. P.; Scotti, M. S. V.; Melo, R. R.; Corrêa, F. L. O.; Souza, E. F. M.; Andrade, R. A.; Bergamin, A. C.; Müller, M. W. Atributos físicos e estoques de carbono do solo sob diferentes usos da terra em Rondônia, Amazônia Sul-Occidental. *Pesquisa florestal brasileira*, v. 37, n. 89, p. 19-27, 2017.

Mathews, B. W.; Sollenberger, L. E.; Nair, V. D.; Staples, C. R. Impact of grazing management on soil nitrogen, phosphorus, potassium, and sulfur distribution. *Journal of Environment Quality*, v. 23, p. 1006–1013, 1994.

Meireles, H. T.; Marques Júnior, J.; Campos, M. C. C.; Pereira, G. T. Relações solo-paisagem em topossequência de origem basáltica. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 42, n. 2, p. 129-136, 2012.

Mendes, L. W.; Brossi, M. J. L.; Kuramae, E. E.; Tsai, S. M. Land-use system shapes soil bacterial communities in Southeastern Amazon region. *Applied Soil Ecology*, v. 95, p. 151–160, 2015b.

Mendes, L. W.; Tsai, S. M.; Navarrete, A. A.; Hollander, M.; Veen, J. A. V.; Kuramae, E. E. Soil-Borne Microbiome: Linking Diversity to Function. *Microbial Ecology*, v. 70, p. 255–265, 2015a.

Mendonça, V. Z.; Mello, L. M. M.; Pereira, F. C. B. L. et al. Corn production for silage intercropped with forage in the farming-cattle breeding integration. *Engenharia agrícola*, v.34, n.4, p.738-745, 2014.

Merten, G. H.; Araújo, A. G.; Biscaia, R. C. M.; Barbosa, G. M. C.; Conte, O. No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. *Soil Tillage Research*, v. 152, p. 85–93, 2015.

Matheron, G. *Traité de géostatistique appliquée*. Paris: Editions Technip, v.1, 1962, 334 p.

Milne, G. Some suggested units of classification and mapping, particularly for East African Soils. *Soil*

Research, v. 4, p. 183198, 1935.

Moir, J. L.; Cameron, K. C.; Di, H. J.; Fertsak, U. The spatial coverage of dairy cattle urine patches in an intensively grazed pasture system. *The Journal of Agricultural Science*, v. 149, p. 473–485, 2011.

Murphy, C.A.; Foster, B.L.; Ramspott, M.E.; Price, K.P. Effects of cultivation history and current grassland management on soil quality in northeastern Kansas. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 61, p. 75-89, 2006.

Navarrete, D.; Sitch, S.; Aragao, L. E. O. C.; Pedroni, L. Conversion from forests to pastures in the Colombian Amazon leads to contrasting soil carbon dynamics depending on land management practices. *Global Change Biology*, v. 22, p. 3503–3517, 2016.

Neves Junior, A. F.; Silva, A. P.; Noronha, N. C.; Cerri, C. C. Sistemas de manejo do solo na recuperação de uma pastagem degradada em Rondônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p. 232-241, 2013.

Neves Neto, D. N.; Santos, A. C.; Santos, P. M.; Melo, J. C.; Santos, J. S. Análise espacial de atributos do solo e cobertura vegetal em diferentes condições de pastagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v.17, n. 9, p. 995–1004, 2013.

Niaz, S.; Ijaz, S. S.; Hassan, A.; Sharif, M. Landuse impacts on soil organic carbon fractions in different rainfall areas of a subtropical dryland. *Archives of Agronomy Soil and Science*, v. 63, p. 1337–1345, 2017.

Oliveira, A. P. P.; Lima, E.; Anjos, L. H. C.; Zonta, E.; Pereira, M. G. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar: Conhecimento atual sobre modificações em atributos de solos de tabuleiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.9, p. 939–947, 2014.

Oliveira, I. A.; Junior, J. M.; 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*, v. 39, p. 668-681, 2015a.

Oliveira, L. B. T.; Santos, A. C.; Lima, J. S.; Neves Neto, D. N. Variabilidade espacial das respostas produtivas e morfológicas do capim-Marandu em função dos atributos químicos e topográficos. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, v. 16, n. 4, p. 772-783, 2015b.

Paiva, A. J.; Pereira, L. E. T.; Silva, S. C.; Dias, R. A. P. Identification of tiller age categories based on morphogenetic responses of continuously stocked marandu palisade grass fertilised with nitrogen. *Ciência Rural*, v. 45, p. 867-870, 2015.

Paula Neto, J. J.; Alexandrino, E.; Santos, A. C.; Mendes Filho, G. O.; Silva, D. P. Melo, J. C. Distribuição espacial da altura do dossel e efeito sobre a cobertura do solo em pastos mantidos em lotação contínua. *Bioscience Journal*, v. 30, n, 2, p. 650-658, 2014.

Pessoa, P. M. A.; Duda, G. P.; Barros, R. B.; Freire, M. B. G. Dos Santos.; Nascimento, C. W. A.; Correa, M. M. Frações de carbono orgânico de um Latossolo húmico sob diferentes usos no agreste brasileiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, p. 97-104, 2012.

Petter, F. A.; Lima, L. B.; Morais, L. A.; Tavanti, R. F. R.; Nunes, M. E.; Freddia, O. S.; Marimon Jr, B. H. Carbon stocks in oxisols under agriculture and forest in the southern Amazon of Brazil. *Geoderma Regional*, v. 11, p. 53–61, 2017.

- Pinheiro Junior, C. R.; Pereira, M. G.; O. Filho, J. S.; Beutler S. J. Can topography affect the restoration of soil properties after deforestation in a semiarid ecosystem? *Journal of Arid Environments*, v. 162, p. 45–52, 2019.
- Razafimbelo, T. M.; Albrecht, A.; Oliver, R.; Chevallier, T.; Chapuis-Lardy, L.; Feller, C. Aggregate associated-C and physical protection in a tropical clayey soil under Malagasy conventional and no-tillage systems. *Soil Tillage Research*, v. 98, p. 140-149, 2008.
- Reeder, J. D.; Schuman, G. E. Influence of livestock grazing on C sequestration in semi-arid mixed-grass and short-grass rangelands. *Environmental Pollution*, v. 116, p. 457–463, 2002.
- Rodrigues, A. L.; Watzlawick, L. F.; Genú, A. M.; Hess, A. F.; Ebling, Â. A. Atributos de um solo florestal em uma toposequência e relações com a comunidade arbórea. *Floresta*, v. 46, n. 2, p. 145 – 154, 2016.
- Salvati, L.; Bajocco, S.; Ceccarelli, T.; Perini, L. Amplifying (or reversing) the territorial disparities in land vulnerability to soil degradation: The Case of Italy. *The Professional Geographer*, v. 65, p. 647–663, 2013.
- Sanderson, M.; Feldmann, C.; Schmidt, J.; Herrmann, A.; Taube, F. Spatial distribution of livestock concentration areas and soil nutrients in pastures. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 65, p. 180–189, 2010.
- Santana, R. N.; Marques, M. V. A.; Silva, C. G.; Ribeiro, D. P. Análise da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo na remoção de nutriente e da produtividade da *Brachiaria humidicola* utilizada em rampas de escoamento superficial no tratamento de esgoto sanitário operando em condições reais. *Engenharia na Agricultura*, v. 25, n. 1, p. 12-26, 2017.
- Santi, A. L.; Fiorin, J. E.; Cocco, K. L. T.; Cherubin, M. R.; Eitelwein, M. T.; Amado, T. J. C.; Hauschild, F. E. G. Distribuição horizontal e vertical de fósforo e potássio em área manejada com ferramentas de agricultura de precisão. *Revista Plantio Direto*, p. 18-25, 2012.
- Santos, M. E. R.; Fonseca, D. M.; Balbino, E. M.; Silva, S. P.; Monnerat, J. P. I. S. Variabilidade espacial e temporal da vegetação em pastos de capim-braquiária deferidos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.4, p.727-735, 2010.
- Sena, M. M.; Frighetto, R. T. S.; Valarini, P. J.; Tokeshi, H.; Poppi, R. J. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 67, p. 171–181, 2002.
- Seó, H. L. S.; Machado Filho, L. C. P.; Brugnara, D. Rationally Managed Pastures Stock More Carbon than No-Tillage Fields. *Frontiers in Environmental Science*, v. 5, p. 1-8, 2017.
- Sequeira, C. H.; Alley, M. M.; Jones, B. P. Evaluation of potentially labile soil organic carbon and nitrogen fractionation procedures. *Soil Biology Biochemistry*, v. 43, p. 438–444, 2011.
- Silva Filho, E. P.; Cottas, L. R.; Marini, G. B. S. Avaliação da compactação dos solos em áreas de pastagens e florestas em Porto Velho, Rondônia. *Boletim de geografia*, v. 28, n. 1, p. 145-155, 2010.
- Silva Neto, S. P.; Santos, A. C.; Lima Leite, R. L.; Dim, V. P.; Neves Neto, D. N.; Silva, J. E. C. Variação

especial do teor de matéria orgânica do solo e produção de gramínea em pastagens de capim-marandu. *Bioscience Journal*, v. 28, n. 1, p. 41-53, 2012.

Silva, B. E. C.; Medina, E. M.; Jolomba, M. R. Propriedades físicas do solo em função de diferentes manejos de pastagem. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 7, n. 3, p. 66-75, 2017.

Silva, J. L.; Ribeiro, K. G.; Herculano, B. N.; Pereira, O. G.; Pereira, R. C.; Soares, L. F. P. Massa de forragem e características estruturais e bromatológicas de cultivares de *Brachiaria* e *Panicum*. *Ciência animal brasileira*, v. 17, n. 3, p. 342-348, 2016.

Silva, S. A.; Lima, J. S. S. Multivariate analysis and geostatistics of the fertility of a humic rhodic hapludox under coffee cultivation. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, n. 2, p. 467-474, 2012.

Smith, P. Do grasslands act as a perpetual sink for carbon? *Global Change Biology*. v. 20, p. 2708–2711, 2014.

Soares, M. D. R.; Campos, M. C. C.; Oliveira, I. A.; Cunha, J. M.; Santos, L. A. C.; Fonseca, J. S.; Souza, Z. M.; Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré, AM. *Revista Ciência Agrária*, v. 59, n. 1, p. 9-15, 2016.

Soussana, J. F.; Tallec, T.; Blanfort, V. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal*, v. 4, p. 334–350, 2010.

Souza Braz, A. M.; Fernandes, A. R.; Alleoni, L. R. F. Soil attributes after the conversion from forest to pasture in Amazon. *Land degradation & development*, v. 24, p. 33– 38, 2013.

Stahl, C.; Fontaine, S.; Klumpp, K.; Picon-Cochard, C.; Grise, M. M.; Dezécache, C.; Ponchant, L.; Freycon, V.; Lilian Blanc, L.; Bonal, D.; Burban, B.; Soussana, J.; Blanfort, V. Continuous soil carbon storage of old permanent pastures in Amazonia. *Global Change Biology*, v. 23, p. 3382–3392, 2017.

Stockmann, U.; Adams, M. A.; Crawford, J. W.; Field, D. J.; Henakaarchchi, N.; Jenkins, M.; et al. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 164, p. 80–99, 2013.

Torres, F. E.; Oliveira, E. P.; Teodoro, P. E.; Silveira, M. V.; Ribeiro, L. P.; Silveira, L. P. O. Produção de forragem de cultivares de *Panicum maximum* submetidas a diferentes estações de cultivo e tipos de sementes. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 36, p. 435-440, 2013.

Torres, F. N.; Richter, R.; Vohlan, M. A multisensorial approach for high-resolution land cover and pasture degradation mapping in the humid tropics: A case study of the fragmented landscape of Rio de Janeiro. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 78, p. 189-201, 2019.

Torres, L. C.; Barros, K. R. M.; Lima, H. V. Alterações na qualidade física de um latossolo amarelo sob pastagem. *Acta Amazônica*, v. 44, n. 4, p. 419-426, 2014.

U.S. Department Of Agriculture. 2019. Disponível em: <<https://www.usda.gov/>>.

Uchôa, C. N.; Pozza, E. A.; Pozza, A. A. A.; Silva Moraes, W. Modelagem geoestatística da sigatoka-negra e sua relação com a fertilidade do solo. *Bioscience Journal*, v. 27, n. 3, p. 357-362, 2011.

Valtera, M.; Samonil, P.; Svoboda, M.; Janda, P. Effects of topography and forest stand dynamics on soil

morphology in three natural *Picea abies* mountain forests. *Plant Soil*, v. 392, p. 57–69, 2015.

VidalVázquez, E.; PazFerreiro, J.; Vieira, S. R.; Topp, G. C.; Miranda, J. G. V.; Paz Gonzalez, A. Fractal description of the spatial and temporal variability of soil water content across an agricultural field. *Soil Science*, v.177, p.131138, 2012.

Vieira, S. R. Geoestatística em estudo da variabilidade espacial do solo. In: Novais, R. F. De; Alvarez V., V. H.; Schaefer, C. E. G. R. (Eds.). *Tópicos em ciência do solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 1-54.

Vieira, S. R.; Dechen, S. C. F. Spatial variability studies in São Paulo, Brazil along the last twenty five years. *Bragantia*, v.69, p.5366, 2010.

Vitória, E. L.; Fernandes, H. C.; Teixeira, M. M.; Cecon, P. R.; Lacerda, E. G. Correlação linear e espacial entre produtividade de *brachiaria brizantha*, densidade do solo e porosidade total em função do sistema de manejo do solo. *Engenharia Agrícola*, v. 32, n. 5, p. 909-919, 2012.

Vogel, G. F.; Fey, R. Resistência mecânica à penetração em diferentes sistemas de uso do solo. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 3, n. 1, p. 21–26, 2016.

Wagg, C. Bender, S. F.; Widmer, F.; van der Heijden M. G. A. Soil bio diversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 111, p. 5266–5270, 2014.

Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. *Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning*. USDA Science and Education Administration, Hyattsville, Maryland, 1978.

Zanão Júnior, L. A.; Lana, R. M. Q.; Guimarães, E. C.; Pereira, J. M. A. Variabilidade espacial de nutrientes em Latossolo sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.5, p.389-400, 2010.





Zenero, M. D. O.; Grimaldib, M.; Coopera, M. Variability in soil shrinkage along forest and pasture toposequences in Amazonia. *Geoderma*, v. 338, p. 291–301, 2019.

Zhang, C. S.; Fay, D.; McGrath, D.; Grennan, E; Carton, O. T. Statistical analyses of geochemical variables in soils of Ireland. *Geoderma*, v. 146, p. 378–390, 2008.







SOLOS AMAZÔNICOS:

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

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

SOLOS AMAZÔNICOS:

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

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