



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - DEAGRI
ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

PETRUS AYRAN ALVES ROSENDO
**AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE BOVINOS E MATÉRIA
ORGÂNICA NO SOLO EM PASTAGEM NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Recife
2026

PETRUS AYRAN ALVES ROSENDO

**AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE BOVINOS E MATÉRIA
ORGÂNICA NO SOLO EM PASTAGEM NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Agrícola e Ambiental da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do título de
Engenheiro Agrícola e Ambiental

Orientador (a): Professor Dr. Gledson Luiz
Pontes de Almeida

Recife
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecária Suely Maria Silva Manzi

R813a Rosendo, Petrus Ayrán Alves
Avaliação da distribuição espacial de bovinos e matéria orgânica
no solo em pastagem no agreste pernambucano / Petrus Ayrán Alves
Rosendo. – 2026.
45 f. : il.

Orientador: Gledson Luiz Pontes de Almeida.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Engenharia Agrícola, Recife, BR-PE, 2026.
Inclui bibliografia e apêndice(s).

1. Engenharia agrícola 2. Pastagens 3. Animais 4. Sistema de
Posicionamento Global I. Almeida, Gledson Luiz Pontes de, orient.
II. Título

CDD 630.981 34

PETRUS AYRAN ALVES ROSENDO

**AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE BOVINOS E MATÉRIA
ORGÂNICA NO SOLO EM PASTAGEM NO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Agrícola e Ambiental da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do título de
Engenheiro Agrícola Ambiental

Aprovado em: 11/02/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gledson Luiz Pontes de Almeida (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Marianne de Lima Barboza (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Hygor César Soares Rodrigues (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Com entusiasmo, agradeço a Deus a oportunidade de chegar ao final de um ciclo com saúde e determinação para ser um bom profissional, que, além do embasamento técnico, vai se pautar pela honestidade e justiça perante a sociedade. A inserção no mercado de trabalho é o pontapé inicial para o desenvolvimento de qualquer profissional. Gratidão aos que me auxiliaram nos estudos, fazendo correlação entre teoria e prática, a fim de facilitar meu entendimento. Meus sinceros agradecimentos a todos os meus professores e colegas de curso da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Gratidão à minha mãe, Neide Cristina Alves Fernandes, por todo o apoio, amor, sabedoria e empatia comigo nesses anos de muita luta; e ao meu pai, Pedro Rosendo Fernandes, que, mesmo falecido em 2004, foi inspiração para que eu pudesse, assim como ele, viver a vida zelando pela simplicidade do essencial, com muito estudo.

RESUMO

As áreas pastejadas por bovinos geralmente apresentam alterações nas características do solo, resultando em uma heterogeneidade que varia conforme os locais de maior permanência e preferência dos animais. Uma das propriedades que mais se destaca nesse contexto é a matéria orgânica, que apresenta alta variabilidade no campo de pastejo, sendo encontrada em maiores concentrações nas áreas onde os animais depositam seus excrementos. Nesse sentido, objetiva-se com este trabalho quantificar e mapear a distribuição espacial do posicionamento dos animais ao longo da área de pastagem e avaliar a sua interação com matéria orgânica do solo. O estudo ocorreu durante 21 dias, em propriedade comercial no município de Capoeiras-PE. A área de pastagem era composta de capim *braquiária decumbens*, em dimensões de 40 x 40 m, com área de descanso para os animais anexa a área de pastagem, contendo bebedouro e sombra. Utilizaram-se três novilhas da raça Girolando, com peso médio de 300 kg, em um sistema de pastejo contínuo, a atividade de monitoramento dos animais foi registrada por meio de GPS que registrava a localização do animal. Os sensores GPS foram dispostos em um colar no pescoço do animal. As novilhas foram introduzidas na área de pastagem com o capim apresentando altura média inicial de 0,90 m, e logo retirada quando a pastagem atingiu altura média de 0,20 m. Antes e após o pastejo amostras de solo foram coletadas para análises da matéria orgânica na camada 0,0 a 0,05 m de profundidade, em malha regular de 6 x 6 m, totalizando 36 pontos amostrais, com 4 m de bordadura. Foi possível observar que os animais permaneceram por maior quantidade de tempo nas proximidades da área de sombra e água, nessa localidade também constatou-se maior acúmulo de matéria orgânica.

Palavras-chave: Áreas de pastagem, Animais, GPS.

ABSTRACT

Areas grazed by cattle generally exhibit variations in soil characteristics, resulting in heterogeneity that varies according to the animals' preferred locations and areas of greater permanence. One of the properties that stands out most in this context is organic matter, which shows high variability in the grazing field, being found in higher concentrations in areas where animals deposit their excrement. In this sense, this study aims to quantify and map the spatial distribution of animal positioning along the pasture area and evaluate its interaction with soil organic matter. The study took place over 21 days on a commercial property in the municipality of Capoeiras-PE. The pasture area consisted of *Brachiaria decumbens* grass, measuring 40 x 40 m, with a resting area for the animals adjacent to the pasture, containing a watering trough and shade. Three Girolando heifers, with an average weight of 300 kg, were used in a continuous grazing system. Animal monitoring activity was recorded using GPS, which registered the animal's location. GPS sensors were fitted to a collar around the animal's neck. The equipment was introduced into the pasture area when the grass initially had an average height of 0.90 m, and then removed when the pasture reached an average height of 0.20 m. Before and after grazing, soil samples were collected for organic matter analysis in the 0.0 to 0.05 m depth layer, in a regular 6 x 6 m grid, totaling 36 sampling points, with a 4 m border. It was observed that animals spent more time near the shaded and watered areas also showed a greater accumulation of organic matter.

Keywords: Pasture areas, Animals, GPS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização da área do estudo, Fazenda Roçadinho.	29
Figura 2 – Esboço da área de pastagem; pontos de amostragem; área de repouso dos animais; área de sombra artificial; alimentador; e bebedouro.	30
Figura 3 – Novilhas em pastejo contínuo.	30
Figura 4 – Caixa acrílica (A); GPS fixado no colar (B); colar com GPS fixado no pescoço do animal (C).	31
Figura 5 – Posições registradas das três novilhas durante 21 dias de monitoramento.	33
Figura 6 – Mapas de espacialização: matéria orgânica do solo (g kg^{-1}) antes do período de pastejo na camada de 0,00 a 0,05 m (A); porcentagem de permanência de animais na área de pastagem (B); matéria orgânica do solo (g kg^{-1}) após o período de pastejo na camada de 0,00 a 0,05 m (C).	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição (%) de nutrientes retornados à pastagem pela deposição dos dejetos de bovinos em pastejo via fezes e urina.	24
Tabela 2 – Valores médios da concentração de matéria orgânica (MO) na área de pastagem antes e após o período de pastejo	34
Tabela 3 – Parâmetros de modelos de semivariogramas e grau de dependência espacial (SDD) antes e após o pastejo.	35

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	Geral	17
2.1.1	Específicos	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	DESENVOLVIMENTO DA PECUÁRIA LEITEIRA.....	18
3.2	MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO	19
3.2.1	Variabilidade Espacial de MO no Solo	20
3.2.2	Formação de Manchas (Patch) pela Deposição dos Dejetos	20
3.2.3	Compactação do Solo em Áreas de Pastagens	21
3.2.4	Fertilidade do Solo e Ciclagem de Nutrientes	23
3.3	SISTEMAS DE PASTEJO	24
3.3.1	Pastagem	24
3.3.2	Caracterização da Gramínia para o Pasto	25
3.3.3	Comportamento Animal	25
3.4	Geoestatística E Variabilidade Espacial Do Solo	26
3.4.1	Sensoriamento Remoto	27
4	METODOLOGIA	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6	CONCLUSÃO	38
7	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Estudos apontam que em 2017 o Brasil obteve uma produção exponencial, de 7,87 milhões na produção de litros de leite, em relação ao ano anterior. As macrorregiões econômicas desenvolveram sua potencialidade no âmbito da produção de leite da seguinte forma: São Paulo concentrou cerca de (60,79 milhões de litros), Goiás (14,02 milhões de litros) e Paraná (13,10 milhões de litros). Apesar das reduções da produção leiteira em Minas Gerais, com índices de 70,90 milhões de litros, o estado permaneceu liderando o ranking com uma produtividade de 25,8%, seguido pelo Rio Grande do Sul com (13,5%).

Em 2023 o estado de Pernambuco produziu cerca de 1,33 bilhões de litros de leite, atingindo um percentual de 3,77% da produtividade nacional o agreste de Pernambuco concentrou 72,17% da produção pernambucana, se destacando como a maior produtora leiteira do Estado (IBGE, 2025).

Entre 2013 e 2023 a região do agreste pernambucano teve uma participação significativa na produção de leite do estado, variando entre 75% e 80% até 2017, a partir de quando se observa estabilidade em sua participação no total produzido no estado. Além disso, verificou-se um aumento superior a 100% na contribuição para a produção nacional em 2023 em comparação com 2013, vale destacar que esses índices se concentram na região sul do agreste, mostrando que a pecuária leiteira se configura como uma atividade de relevante potencial econômico dessa mesorregião (IBGE, 2025).

No mesmo ano onde esses parâmetros se destacam à produtividade média das vacas ordenhadas da região foi 19% superior à produção média do estado e 7% maior que a média nacional (IBGE, 2025), nesse sentido o pastejo é um fator determinante e potencial característico para a alimentação do gado, favorecendo o fornecimento contínuo de nutrientes para os animais.

Nessa conjuntura, observa-se a variação da heterogeneidade do solo ocasionada por decorrência da distribuição espacial dos compostos orgânicos, pastejo e pisoteio (CARVALHO et al., 2009). O pisoteio bovino ocasiona alteração no atributo físico e hídrico do solo, contribuindo para variabilidade espacial e intessificando a heterogeneidade do solo em áreas de pastagem (BATISTA et al., 2019).

Segundo Salton e Carvalho (2007), a intensificação da fertilidade e atividade biológica na variabilidade espacial em distintas áreas do pastejo, ocorre devido à deposição de dejetos dos animais, acúmulo de material senescente e pastejo desuniforme decorrente da preferência dos animais por plantas de determinados locais. Ressaltando que nos distintos ecossistemas a matéria orgânica do solo (MOS), se dispõe em equilíbrio dinâmico, ou seja, a saída de material é compensada pela entrada (DIAS-FILHO et al., 2006). Quando as entradas de Matéria Orgânica nas pastagens são pequenas os estoques de Carbono variam, nos anos iniciais de conversão o potencial aumenta gradualmente, podendo superar os índices no decorrer dos anos. (PEREIRA NETO et al., 2012).

O deslocamento dos animais no pasto varia de acordo com tamanho do pasto, topografia, disposição de cercas e acessibilidade a bebedouros, cochos, sombra, como também as localidades com maior forragem e nutrientes minerais compostos nas plantas (MELO et al., 2015; PÁSCOA e COSTA, 2007), influenciando diretamente na dispersão da MO e local de excretas no pasto (SILVA et al., 2013). Exigindo de profissionais qualificados para atender as expectativas no processo de monitoração de bovinos no pasto, pois o mesmo possui alto custo com o desenvolvimento de protótipos de localização geográfica, associados ao comportamento (WILLIAMS et al., 2017), como também distribuição espacial do gado em pastagem (LARSON et al., 2017) de um aparelho alternativo de monitoramento para agilidades pecuárias (HANSON et al., 2014), e manipulação do solo e da pastagem (KOCH et al., 2018).

As tecnologias assumem um papel de destaque e de extrema importância na tomada de decisões, com auxílio da agricultura de precisão, podemos determinar a posição dos bovinos pelo sistema de posicionamento global GPS na área de pastejo e por meio do georreferenciamento, pode-se fazer a utilização de cercas virtuais baseadas em tecnologia de sistemas embarcados e sistema de posicionamento global, onde controla sua circulação e observa o movimento e preferência do animal na área de pastagem (PÉREZ et al., 2017; KNIGHT et al., 2018).

Segundo Vieira et al., (2010), a geoestatística é uma ferramenta imprescindível e fundamental para o estudo de análise de variáveis, onde proporciona uma disposição a uma continuidade de dados a um grau de dependência espacial e tem o intuito de facilitar a execução de processos de manejo, agindo distintamente de modo conceitual com a variabilidade espacial, técnicas de manejo e georreferenciamento (FARACO et al., 2008). Seguindo esses preceitos da geoestatística, foi obtido distintos

resultados, mostrando similaridades de pares distâncias por uma distância igual, onde geralmente a semivariância aumenta e com o aumento do perímetro entre as coordenadas de amostragem, pontos com maior proximidade do que o intervalo contém uma auto correlação, possuindo maior precisão entre as variáveis, diferente dos que possui maior distâncias (ROBERTSON et al., 1998).

A geoestatística nesse contexto é utilizada para analisar análises de dados, caracterizando a dependência espacial das propriedades do solo (MANZIONE ZIMBACK et al., 2011). Segundo Angelico et al., (2006), a krigagem é importante pois utiliza os dados georeferenciados para calcular as interpolações, uma vez que permite relacionar espacialmente variáveis por meio de semivariogramas.

O posicionamento e atividade dos bovinos na pastagem agregado aos dados de atributos do solo são elementos importantes que ajudam nas decisões sobre manejo de pastagem e, a partir desse processo, pode-se caracterizar as áreas de preferência pelos animais, permitindo um manejo mais preciso, de modo a correlacionar com a taxa de lotação e uso mais sustentável da pastagem.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O objetivo desse trabalho é realizar análises de distribuição espacial dos animais em área de pastagem para avaliar a relação entre a localização dos animais e a matéria orgânica do solo no agreste de Pernambuco.

2.2 Específicos

- Quantificar e mapear a distribuição espacial do posicionamento dos animais ao longo da área de pastagem.
- Caracterizar a variabilidade espacial de MO na pastagem e correlacionar com a dispersão dos animais na área de pastejo

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Desenvolvimento Da Pecuária Leiteira

No atual momento, o desenvolvimento tecnológico é um parâmetro fundamental no que se refere às práticas antrópicas focadas no desenvolvimento de qualquer produção agrícola. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento – MAPA, (2021) as fundamentações científicas são cruciais para que isso ocorra de modo exponencial; isso implica diretamente nos dados e mostra o progresso das regiões e dos rebanhos leiteiros.

Ainda segundo o MAPA, (2021) a pecuária brasileira possui grande relevância econômica no desenvolvimento das regiões, podendo desenvolver sistemas de produção mais produtivos, integrados e sustentáveis, proporcionando segurança hídrica, energética e alimentar. Dessa forma, investir na automação, na agricultura de precisão, em sistemas produtivos integrados a práticas tecnológicas e na adaptação de cultivares às mudanças climáticas supre as demandas requeridas pelo ser humano e, conseqüentemente, pela economia.

Estima-se que o rebanho nacional foi composto por 221,81 milhões de cabeças no período de 2018 e ocupa mais 172 milhões de hectares do território nacional, cobrindo uma área de aproximadamente 24% da área total do mundo. No estado de Pernambuco, a mesorregião do Agreste é formada por 71 municípios, com um PIB estimado em R\$ 38,70 bilhões, e um dos pilares desse abrangente desenvolvimento regional é a bacia leiteira, que se dispõe como a nona maior mesorregião produtora de leite (IBGE, 2025), o estado de Pernambuco está entre o estado com maior rebanho na região Nordeste, destacando a região do Agreste, pois, a pecuária de leite se comporta como a atividade de maior relevância da mesorregião (ABIEC, 2018).

Em 2023, o Agreste pernambucano se destaca com 72,17% da produção, tornando-se o maior da mesorregião do estado (IBGE, 2025). Fazendo uma correlação entre 2013 e 2023, observa-se que essa região foi fundamental e representativa na produção de leite, oscilando entre 75% e 80% até 2017, apresentando estabilidade nos dados e mostrando que esse crescimento exponencial é determinante para o desenvolvimento da região (IBGE, 2025).

3.2 Matéria Orgânica No Solo

O solo é um componente fundamental para o ecossistema natural, pois suas características morfológicas são o principal substrato de organismos sólidos, líquidos e gasosos, incorporando compostos orgânicos e minerais. As micropartículas são diretamente influenciadas pelo clima e pelo tempo, correlacionando-se diretamente ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas. A EMBRAPA (2006) enfatiza que as respectivas alterações em um perfil de solo estão diretamente associadas à granulometria dos sedimentos e às características morfológicas existentes no perfil, acarretadas função dos processos pedológicos.

A matéria orgânica do solo em áreas de pastejo é diretamente associada aos índices de entrada de resíduos orgânicos e às perdas de carbono no sistema, bem como pela mineralização, decomposição, estabilização e respiração microbiana dos dejetos. Nesse contexto, a entrada de Carbono no solo está ligada à retirada de C atmosférico e à incorporação de biomassa oriunda do processo de fotossíntese, bem como da decomposição dos restos vegetais e dos compostos da biomassa ingeridos pelos animais, onde desempenha um papel fundamental no ciclo do C, especialmente pelo processo de retorno de nutrientes ao solo por meio da urina e das fezes, ajudando no processo de ciclagem.

De acordo com Silva, Sales e Veloso (2016), uma forma eficiente de acúmulo de C no solo é mediante práticas de manejo conservacionistas, incluindo manejo de pastagens com monitoramento, rotação de culturas com aplicação de cobertura vegetal de espécies forrageiras e manutenção de Matéria Orgânica no Solo. Nesse contexto, a dispersão da MOS se comporta como fator fundamental em suas características químicas, físicas e biológicas, para avaliar de forma eficiente o reflexo que os manejos do pasto influenciam na qualidade do solo, ressaltando nutrientes como o nitrogênio, que contribui como fator importante para um bom desempenho no desenvolvimento da pastagem (Nanzer et al., 2019).

3.2.1 Variabilidade Espacial de Matéria Orgânica no Solo

A avaliação da variabilidade de pastejo é feita pela quantidade e qualidade de composto vegetal. As pastagens comportam um percentual de 170 milhões de hectares no território nacional, atingindo dois terços da área agrícola (IBGE, 2025).

Com isso, práticas inadequadas de manejo interferem diretamente na degradação e na qualidade do solo, comprometendo diretamente a produção da pecuária (DIAS-FILHO, 2006). Dessa forma, a implementação de pastagem com o tempo ajuda na heterogeneidade das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, assim como a presença de animais que, por meio da distribuição dos dejetos, causa essa variabilidade.

Segundo Salton e Carvalho (2007), essa disposição de MO, acarretada pela presença dos animais, ocorre em manchas de vegetação, permitindo uma maior fertilidade, nas quais o pasto apresenta maior vigor de rebrota e menor cobertura do solo. Bailey et al. (1996) definem mancha (patch) como uma área homogênea com grande índice de fertilidade e atividade biológica. Essa agregação espacial de excrementos dos animais causa uma variação morfológica nos atributos físicos do solo, acarretada pelo pisoteio desuniforme dos animais. No entanto, os nutrientes presentes nas forragens retornam até 90% ao solo por meio dos excrementos.

No ecossistema natural, os índices de entrada e saída de matéria orgânica no solo se equilibram (DIAS-FILHO, 2006); no entanto, com a criação de animais no pasto, esse percentual de MOS aumenta, visto que as entradas de matéria orgânica ficam maiores que as saídas. Contudo, estudos apontam que essa variação de estoque de carbono, gradativamente, ao longo do tempo, tende a aumentar e pode até superar as concentrações de um solo nativo (DIAS-FILHO, 2006). No entanto, isso vai variar de acordo com a taxa de lotação no pastejo e com o índice de degradação da biomassa.

3.2.2 Formação de Manchas (Patch) pela Deposição dos Dejetos

Muitos pesquisadores mostram o quanto o comportamento animal e seus excrementos influenciam na dispersão de matéria orgânica e, conseqüentemente, na qualidade do solo. Archer & Smeins (1991) mostram que, em uma pecuária bovina, os animais defecam 14 vezes por dia, e essa reação impacta entre 225 e 600 cm² na área de pastagem.

Russelle (1997) apresenta dados em que os bovinos urinam de 8 a 12 vezes ao dia e defecam entre 11 e 16 vezes, dependendo das condições ambientais e das proporções de ingestão de água e sal. Diante disso, um patch individual de urina recobre entre 1.600 e 4.900 cm², e as manchas de excremento se dispõem entre 500

e 900 cm², mostrando que um bovino afeta de modo direto de 2 a 3 m² da área pastejada por dia. Nesse sentido, a distribuição desses dejetos é totalmente influenciada pela quantidade de animais e por seu movimento na área, consequentemente implicando na disposição de cercas, bebedouros, sombra e topografia.

Portanto, pode-se afirmar que a presença animal no pastejo é um parâmetro que influencia a ciclagem de nutrientes e que a concentração de MO é maior onde existe mais sombra e água, mudando os atributos do solo, como sua densidade, acúmulo de carbono e biomassa microbiana. Dessa forma, percentuais altos de densidade do solo interferem no desenvolvimento radicular da planta e reduzem a disponibilidade de água e nutrientes (Blaiski et al., 2008); por outro lado, uma Densidade do Solo baixa propicia maior acúmulo de carbono orgânico e atividade biológica. Assim, o estoque de carbono orgânico total é um parâmetro essencial no que se refere à atividade biológica, física e química do solo, potencializando a qualidade e a maior produtividade no pasto.

Por isso, uma produção mais sustentável, com um manejo adequado dos resíduos, ajuda na ciclagem de nutrientes. Práticas para o tratamento desses dejetos, como esterqueiras, digestão anaeróbia, compostagem e lagoas de estabilização, influenciam diretamente na variabilidade biológica e física do solo, gerando uma relevante importância ambiental e econômica (Durães et al., 2021).

3.2.3 Compactação do Solo em Áreas de Pastagens

A compactação do solo está diretamente relacionada à compressão do solo e ao aumento de sua densidade em decorrência da diminuição de seu volume, interferindo em uma porosidade total baixa. Ela ocorre de distintas maneiras, seja de forma antrópica, com o uso de implementos agrícolas e tráfego de máquinas, como também pelo pisoteio animal (Souza, 2010). Nos sistemas de manejo de pastagens, esse fator acarreta a perda de produtividade, devido às mudanças na estrutura do solo, provocando perdas de oxigênio e água na vegetação, consequentemente gerando uma redução no seu desenvolvimento radicular.

O pisoteio animal causa compactação no solo, principalmente quando a lotação não é bem controlada (BHANDRAL et al., 2007). Essa taxa de lotação em solos úmidos acarreta uma redução da macroporosidade e da infiltração de água, que, por

sua vez, aumenta a probabilidade de escoamento superficial, causando erosão e acarretando a redução da fertilidade do solo. Albuquerque et al. (2001) e Cassol (2003) mostram que, quando a carga animal é manejada de forma eficiente, os componentes físicos sofrem poucas variações e não causam impactos significativos no pastejo.

O impacto do efeito do pisoteio animal no solo ocorre em suas camadas superficiais, e os índices de compactação são influenciados diretamente pela umidade, altura do pasto, sistema de manejo e pela cobertura vegetal (BHANDRAL et al., 2007). Dessa forma, analisar parâmetros como porosidade total, índice de MO e umidade, taxa de infiltração, taxa de lotação e resistência à penetração é fundamental para que a qualidade estrutural do solo tenha os mínimos impactos negativos acarretados pelo pisoteio animal desuniforme.

Fazendo uma correlação da variação da densidade do solo com o efeito direto do pisoteio animal, observa-se que as camadas superiores, nos primeiros cinco centímetros do solo, são as mais impactadas (Salton et al., 2001). Nos estudos relacionados, observou-se que as técnicas de geoprocessamento analisam os impactos do pisoteio antes e depois do pastejo, fazendo uma correlação da variabilidade espacial das alterações que aconteceram no solo, mostrando que os resíduos dos animais se dispõem como fator crucial na biologia do solo, pois interferem diretamente nos atributos físicos e químicos e, principalmente, na densidade do solo.

Em áreas de pasto, a pressão exercida pelo casco dos animais interfere com maior intensidade na área superficial do solo, pressupondo a necessidade de um manejo eficiente (Cirilo Silva et al., 2017). Nesse sentido, um pastejo intensivo, correlacionado com o pisoteio animal, causa redução da qualidade do solo (Bortolini et al., 2016), especialmente pelo acentuado acréscimo da resistência à penetração das raízes e da densidade do solo. Essas tensões mecânicas exercidas no solo pelo animal em movimento aumentam de duas a quatro vezes, tendo em vista que o peso de um animal adulto gira em torno de 180 kPa, causando deformação nas propriedades físicas do solo (Abdel Magid et al., 1987; Negrón et al., 2019). Nesse sentido, a resistência à penetração é um ótimo indicador de restrição ao crescimento da planta.

3.2.4 Fertilidade do Solo e Ciclagem de Nutrientes

A disposição de animais em pastejo causa grande impacto e, conseqüentemente, o aumento da intensidade da ciclagem de nutrientes, onde o ciclo de consumo da vegetação pelos mesmos é substancial para sua digestão parcial, utilizando os nutrientes em seu metabolismo e, posteriormente, excretando o restante no solo.

Essas concentrações intensificam os nutrientes, acentuando os parâmetros morfológicos e químicos no solo e potencializam as taxas de desenvolvimento das plantas e da fauna da área na qual recebe esses dejetos. Nesse sentido, existe um aumento abrangente na taxa de ciclagem. Por exemplo, na mineralização de N em regiões temperadas, onde existe um manejo adequado de culturas, os percentuais de N total no solo giram em torno de 2% a 3%. No entanto, quando existe um sistema de manejo em pastagem, esses valores conseguem aumentar esses índices para 6% a 9% de N total (Russelle, 1997).

Nesse contexto, destaca-se a importância de um manejo eficiente, uma vez que o aumento na proporção de volumes de urina e fezes dos animais eleva os índices de nitrogênio e potássio no solo (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição (%) de nutrientes retornados à pastagem pela deposição dos dejetos de bovinos em pastejo, via fezes e urina.

Nutriente	Via urina (%)	Via fezes (%)
N	60 – 70	30 – 40
P	traços	~ 99
K	70 – 90	10 – 30
Ca	< 5	> 95
Mg	10 – 30	70 – 90
S	5 – 10	90 – 95
Fe	traços	~ 99
Mn	traços	~ 99
Zn	traços	~ 99
Cu	traços	~ 99
B	99	Traços
Na	60 – 80	20 – 40
Cl	55 – 70	30 – 45

Fonte: Moraes & Lustosa (1997).

Portanto, observa-se como parâmetro relevante para a ciclagem de nutrientes nos sistemas de pastagem esse retorno natural de compostos via excrementos, que potencializa a qualidade do solo e, conseqüentemente, o desenvolvimento da vegetação disponível no pasto (VENDRAMINI; DUBEUX JÚNIOR; SILVEIRA, 2014).

A taxa de lotação influencia diretamente a distribuição de MO na área de pastejo, e a fertilidade do solo, pois, como consequência de uma prática desuniforme de manejo, acarreta uma disfunção gradativa desses nutrientes, interferindo diretamente na ciclagem deles. Esse processo se correlaciona principalmente ao retorno de nutrientes ao solo por meio de fezes e urina, redistribuindo os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das pastagens (LOWREY, 1973; NASCIMENTO et al., 2024).

3.3 Sistemas De Pastejo

3.3.1 Pastagem

No Brasil, os sistemas de pastejo são um dos principais tipos de vegetação no que se refere à cobertura vegetal, principalmente com a vegetação da espécie do gênero *Brachiaria decumbens*, que, por sua vez, se adapta às condições de clima tropical e de solo no Nordeste brasileiro, sendo também uma ótima opção, pois possui boa resistência à capacidade de pisoteio animal.

Contudo, dependendo de como é estruturado o sistema de manejo, esses parâmetros podem sofrer um declínio em sua capacidade produtiva, decorrente da degradação do solo, limitando a área de pastagem e, conseqüentemente, sua produção. Vale salientar que a degradação de áreas de pasto está relacionada a distintos fatores correlacionados ao solo-planta-animal-clima, como o uso de vegetação inadequada, excesso de lotação animal, pastejo contínuo, compactação, manejo inadequado, entre outros. Com isso, as pastagens mal manejadas sofrem uma perda de produtividade após quatro a seis anos (SOUZA, 2010), nesse sentido o pastejo rotacionado pode se caracterizar como uma solução para a prática de um manejo adequado, tendo em vista que a área é dividida em piquetes que são pastejados de forma alternada

3.3.2 Caracterização da Gramínia para o Pasto

A família Poaceae (gramíneas), além de ser uma das famílias botânicas mais conhecidas pelo fato de possuir espécies importantes para o setor agrícola, como milho, trigo e arroz, também contém espécies forrageiras relevantes para a pecuária (Welker, 2007). Nesse contexto, é fundamental escolher uma vegetação que se adeque aos solos de regiões tropicais.

Uma das espécies forrageiras mais usadas na pastagem, devido à sua adaptabilidade no cerrado brasileiro, é a *Brachiaria decumbens*, pois é uma excelente vegetação, perene, com morfologia de boa qualidade, resistente ao pastejo e ao pisoteio animal, além de proteger o solo contra erosão (Bianco et al., 2005). Dessa forma, o gênero *Brachiaria* se destaca por possuir um sistema radicular profundo e por se adaptar a solos pobres, mostrando eficiência na produção de forragem, qualidade nutricional e sustentabilidade do sistema produtivo.

3.3.3 Comportamento Animal

Analisar o comportamento dos bovinos é uma forma de entender seus desconfortos e, conseqüentemente, sua baixa produtividade e bem-estar. Nesse sentido, análises de estudo mostram características importantes relacionadas à adaptação e a agentes estressores, como, por exemplo, a termorregulação (Hilario et al., 2017). Esse preceito, referente ao estudo do comportamento ingestivo do animal, nos fornece informações relevantes quanto ao sistema de manejo.

Os bovinos distribuem sua atividade no campo em períodos alternados de pastejo, ruminação e lazer, geralmente em três a cinco períodos durante o dia. Em tese, o período mais intenso ocorre depois do amanhecer e antes do entardecer (Pereira et al., 2018). Nesse sentido, observa-se que o maior período de pastejo ocorre durante o dia. O período de ruminação acontece após a alimentação (Oliveira et al., 2016). Esse comportamento pode variar em função de atividades na rotina do animal, como a ordenha, a qualidade da forragem e a sazonalidade (Liu et al., 2015).

Com o intuito de monitorar o comportamento do animal, várias técnicas são utilizadas, incluindo equipamentos e sensores, como o colar Ethossys (Scheibe et al., 1998), GIS/GPS (Williams et al., 2017), acelerômetro e pedômetro (Hanson & Changki Mo, 2014), bioacústica (Deniz et al., 2017), câmera gravadora (Massari et al., 2015),

análise visual (Mendez et al., 2015) e varredura instantânea (Altmann, 1974). Diante desses métodos, existem também algoritmos que permitem a identificação automática.

O comportamento de vacas Girolando no Agreste pernambucano foi analisado por Almeida et al. (2013), que comprovou, pelo teste não paramétrico de qui-quadrado, os seguintes parâmetros: andando, 6,06%; bebendo, 2,06%; comendo, 15,50%; ruminando, 27,37%; e Ócio, 49,00%.

As características do pasto influenciam o comportamento animal, como a altura da forragem e os componentes nutritivos (Liu et al., 2015), bem como as condições térmicas do local em que o bovino se encontra. O clima tropical e subtropical, por apresentar temperaturas elevadas, influencia diretamente a produção animal. Um dos parâmetros importantes para que esses índices não acarretem perda de produtividade é utilizar animais com genética adaptada ao ambiente, evitando o estresse térmico (Deniz et al., 2019).

3.4 Geoestatística e Variabilidade Espacial do Solo

Na geoestatística é empregado modelos de semivariograma que caracterize a variabilidade espacial da amostragem, o qual se correlaciona com os dados e, no processo de interpolação pelo método de krigagem, estabelece mapas de isolinhas.

Esse estudo estatístico se distribui no espaço de variáveis, chamadas de variáveis regionalizadas (Journel & Huijbregts, 1978). Assim, a diferença entre a estatística e a geoestatística se comporta de modo que a primeira trabalha com amostras independentes espacialmente, enquanto a segunda presume a correlação de amostras dependentes (Sturaro, 1993).

Uma variável regionalizada é uma função numérica que se comporta como uma distribuição espacial, gerando variação entre os pontos e permitindo a continuidade, possibilitando uma análise aprofundada e o entendimento do comportamento espacial dos atributos do solo (Olea, 1975). A teoria da geoestatística tem seu preceito na relação entre funções e variáveis contingentes, adequando os dados a uma função matemática, visando detectar sua variabilidade espacial. Os parâmetros físicos usados nessa caracterização do solo sob pastagem é a porosidade e densidade (FROLLA et al., 2018).

Vieira (2000) afirma que a função de uma variável regionalizada é estacionária se os dados estatísticos de amostragem da variável forem os mesmos em qualquer posição na área de estudo, não variando com a translação. Então com a geoestatística pode-se modelar a estrutura de dependência espacial dos componentes do solo, ajustando os semivariogramas experimentais e permitindo representar quantitativamente a respectiva variação de um dado regionalizado no espaço, se distribuindo em três características, alcance, patamar e efeito pepita, onde o modelo mais usado é o exponencial, esférico e gaussiano (MANZIONE & ZIMBACK, 2011).

Segundo Cambardella et al. (1994) o de melhor desempenho para caracterizar os atributos do solo é o esférico, onde o mesmo explana o grau de dependência espacial da seguinte forma, forte quando como forte quando efeito pepita <25%, moderada quando fica entre 25 e 75% e fraca >75%.

A distinção entre a krigagem e os métodos tradicionais de interpolação, como os baseados em pesos, está relacionada às diferentes características das amostras. Com o uso da krigagem, é possível determinar a variância da estimativa, característica que distingue esse método dos demais, presumindo valores sem tendência nas áreas onde os métodos foram aplicados. Sendo assim a geoestatística possibilita caracterizar e quantificar a variabilidade espacial, onde esses dados são usados para interpolação racional e estimativa de variação, abrangendo informações determinantes com relação a densidade, compactação e variabilidade espacial da umidade (REZA et al., 2016).

3.4.1 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto (SR) é um parâmetro fundamental para se obter um manejo sustentável das pastagens, potencializando a expansão da pecuária. Da mesma forma, os sistemas de informação geográfica (SIG) auxiliam as centrais de monitoramento agropecuário, fazendo uma correlação entre análises espaciais de dados georreferenciados (Câmara et al., 2001; Dal Colletto et al., 2020).

O SR permite monitorar parâmetros do solo e, por consequência, da vegetação, por meio da detecção da radiação eletromagnética emitida pela superfície da Terra, utilizando sensores instalados em satélites e aviões não tripulados (Novo, 2010; Molin et al., 2015).

O SIG viabiliza a inserção de dados em locais georreferenciados, fornecendo uma base sólida para a tomada de decisões no manejo, permitindo o mapeamento de possíveis áreas degradadas e a definição de zonas de manejo (Câmara et al., 2001; Dal Colletto et al., 2020). Portanto, essas tecnologias são fundamentais para práticas sustentáveis de manejo, assim como para o monitoramento da qualidade das pastagens.

4 METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida durante a primavera na Fazenda Roçadinho, uma propriedade leiteira comercial situada no município de Capoeiras, região Agreste de Pernambuco, Brasil (latitude 8° 36'S; longitude 36° 37'W; altitude de 700 metros)

(Figura 1).

Segundo a classificação de Köppen, o clima é semi-árido (Bsh). Com temperatura média de 22,1 °C e precipitação anual média 588 mm (ALMEIDA et al., 2011). O solo é classificado como Planossolo de acordo com o Zoneamento Agroecológico de Pernambuco - ZAPE (2001).

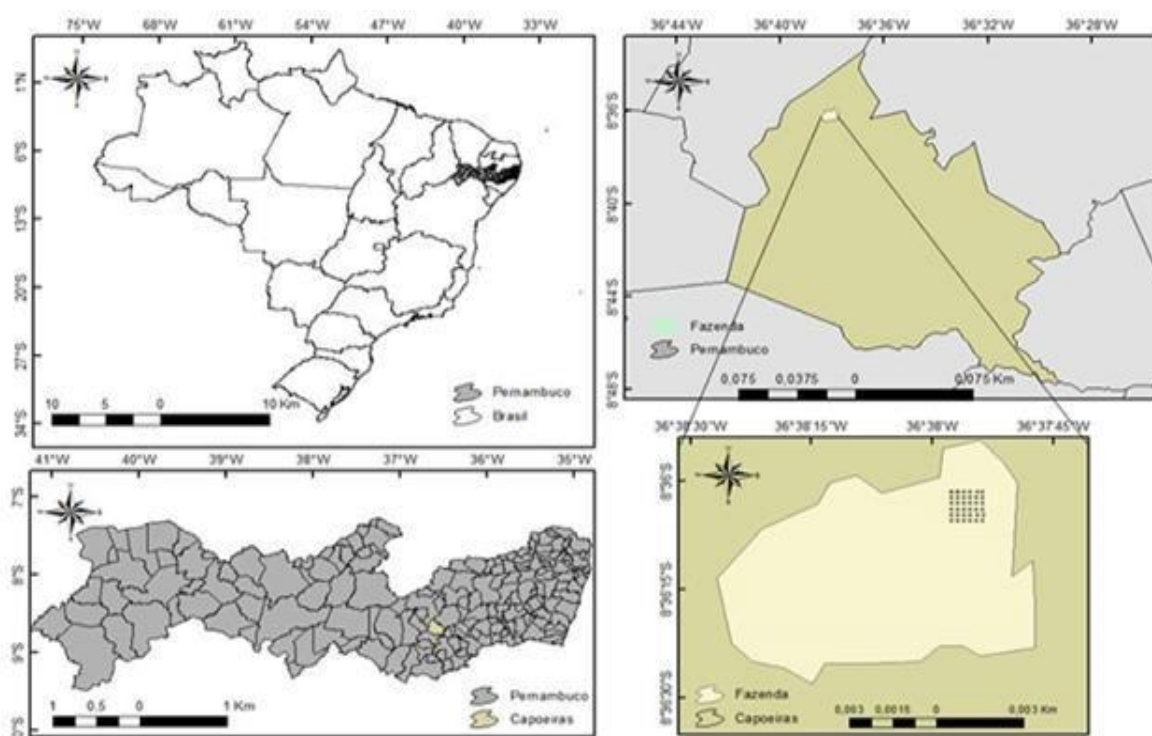


Figura 1. Mapa de localização da área do estudo, Fazenda Roçadinho.

Fonte: Arquivo autor (2017)

O processo foi realizado em solo sob pastagem de *braquiária decumbens*, no intervalo de 21 dias, numa área com dimensões de 40 x 40 m, com área de descanso para os animais anexa ao campo de pastagem, medindo 8 x 10 m, contendo bebedouro, e aérea de sombra com aproximadamente 15 m² (Figura 2). A área foi manejada em sistema de pastejo contínuo e taxa de lotação média de 12 UA ha⁻¹.

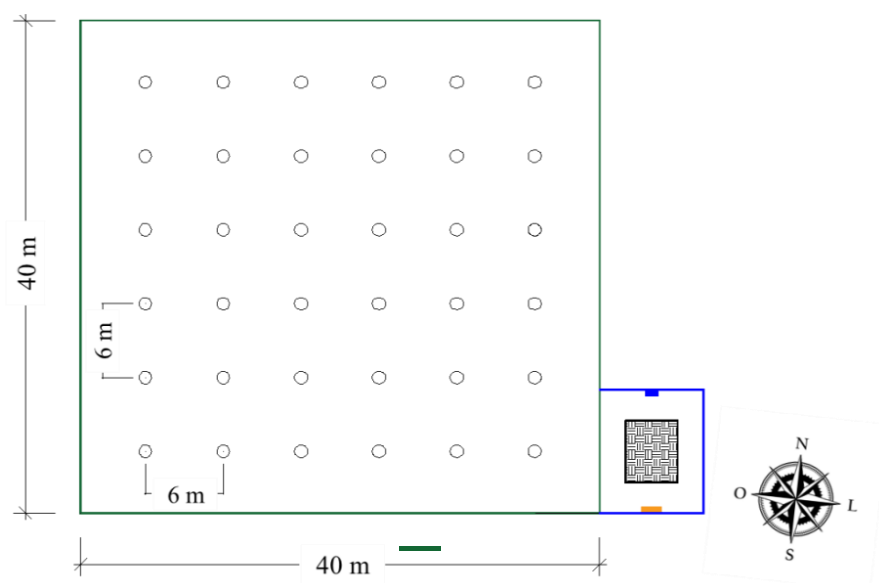


Figura 2. Esboço da área de pastagem (—); pontos de amostragem (o); área de repouso dos animais (—); área de sombra artificial (▨); alimentador(—); e bebedouro (—).

Os animais utilizados no estudo foram novilhas da raça Girolando com peso médio de 300 kg, que iniciaram o período de pastejo com o pasto apresentando altura média de 90 cm, e finalizaram (foram retiradas do pasto) com altura média de 20 cm, conforme sugerido por (MARTHA JÚNIOR et al., 2003).



Figura 3. Novilhas em pastejo contínuo. Fonte: <https://www.pexels.com>

O monitoramento dos animais foi realizado por meio de um aparelho eletrônico com sensor GPS que foi protegido por uma caixa de acrílico (Figura 4 A), a fim de evitar danos causados por chuva, pelo animal, fixados por colar de couro (Figura 4 B) no pescoço do animal (Figura 4 C).

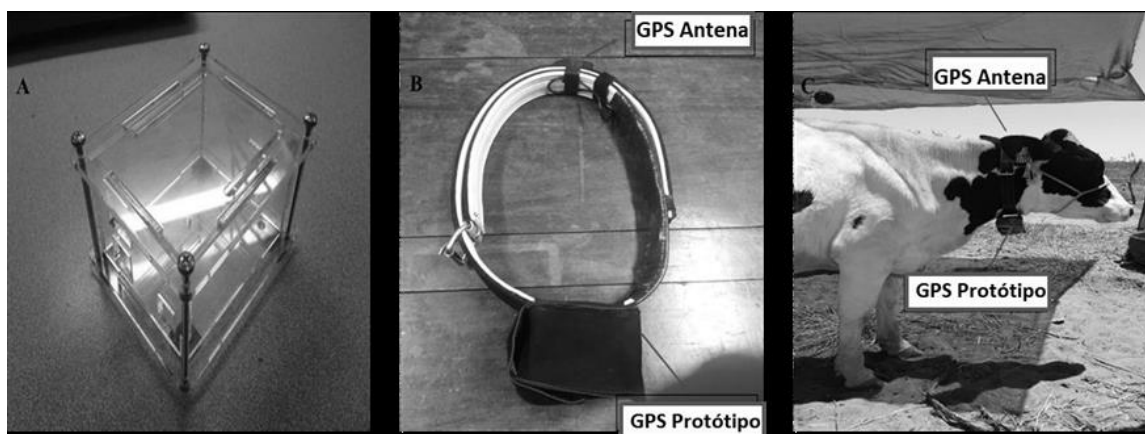


Figura 4. Caixa acrílica (A); GPS fixado no colar (B); colar com GPS fixado no pescoço do animal (C). Fonte: Arquivo autor (2017)

Amostras deformadas de solo foram coletadas para matéria orgânica (MO) em malha regular de 6 x 6 m, totalizando 36 pontos de amostragem, com bordadura de 4 m, antes e após o período de pastagem, na profundidade de 0,0 a 0,05 m do solo. O carbono orgânico (CO) foi avaliado pelo método de titulação e a matéria orgânica calculada segundo a Equação 1 (EMBRAPA, 2011).

$$M = CO \times 1,724 \quad (1)$$

Os resultados de MO obtidos foram submetidos à estatística descritiva, em que foram calculadas a média, o desvio padrão, o coeficiente de variação, o coeficiente de assimetria e o coeficiente de curtose. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a variabilidade espacial das variáveis ao longo do tempo, os resultados foram analisados por meio de métodos geoestatísticos de análise de semivariogramas (VIEIRA, 2000). A autocorrelação

espacial entre os vizinhos foi estimada por semivariância $\gamma(h)$, através da equação 2.

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

Onde: $N(h)$ é o número de pares de valores $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$, apartados pelo vetor h . A equação $\gamma(h)$ em função h valor correspondente, onde o semivariograma caracteriza-se como função apenas do vetor h .

A avaliação da variabilidade da MO em ambos os períodos (antes e após o pastejo) foi realizada com base no coeficiente de variação (CV), cujas classes foram propostas por Warrick & Nielsen (1980), de forma que a variabilidade pode ser considerada baixa ($CV < 12\%$), média ($12\% < CV < 60\%$) ou alta ($CV > 60\%$).

Os modelos de semivariogramas foram ajustados por meio do software GS+7.0 (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004). Com a escolha do melhor modelo ajustado aos semivariogramas baseada no coeficiente de determinação (R^2). Para analisar o grau da dependência espacial (GDE) utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994).

A distribuição espacial, durante o período de pastejo dos animais, foi analisada pelo software Surfer 9 (Golden Software, 2010), que permitiu a representação gráfica da distribuição espacial e mapeamento de sobreposição do monitoramento GPS, OM.

Os resultados foram discutidos com base nas informações obtidas através da estatística experimental e da geoestatística visando caracterizar ou descrever a distribuição espacial para a interpolação dos dados e confecção de mapas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o monitoramento dos animais por meio do GPS foi possível estabelecer as posições dos mesmos, em que durante o período de monitoramento registrou-se grande número de pontos com respectivas coordenadas geográficas, observou-se que os animais obtiveram preferências por locais distintos. Segundo Williams et al., (2017), que também utilizou a tecnologia GPS para monitorar o comportamento dos bovinos em pastejo, observou que os mesmos têm a preferência por áreas de descanso. Seguindo o mesmo raciocínio Koch et al., (2018) relatou que os animais permaneceram nas áreas de descanso 48,1% das suas posições.

A maior concentração de pontos em alguns locais de pastagem evidencia a seletividade natural dos animais e a possível causa de degradação das pastagens, principalmente nos locais mais visitados pelos animais (Figura 5).

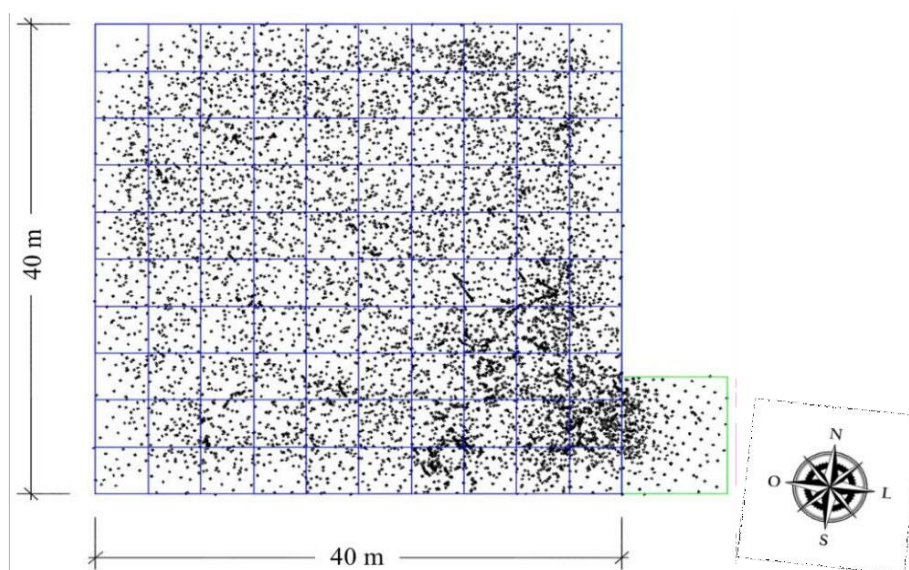


Figura 5. Posições registradas das três novilhas durante 21 dias de monitoramento. Fonte: Arquivo autor (2017)

Verificou-se aderência à distribuição normal para a variável em estudo, de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% de significância, como também a assimetria e curtose mativeram similaridade, ambos valores próximos a zero. O coeficiente de variação apresentou média variabilidade para a MO antes do pastejo e baixa variabilidade para a MO no período após o pastejo (Tabela 1) com base na

classificação de Warrick e Nielsen (1980).

Tabela 2. Valores médios da concentração de matéria orgânica (MO) na área de pastagem antes e após o período de pastejo

	Variáveis	Média	¹ DP (%)	² CV	³ A	⁴ C	⁵ D
	Antes do Pastejo						
¹⁾	MO (g kg ⁻¹)	39,57	6,47	16	-0,15	-0,50	0,070
	Após o Pastejo						
¹⁾	MO (g kg ⁻¹)	44,20	5,11	11	-0,16	-0,25	0,098

¹Desvio-Padrão; ² Coeficiente de Variação; ³Assimetria; ⁴Curtose ⁵Teste de normalidade

Após o período de pastejo, houve aumento (11%) da matéria orgânica (MO), causada pela distribuição de excrementos dos animais sobre a área (Tabela 1). Contudo, essa variação não foi homogênea para a área de pastagem, devido à seletividade natural dos animais, que tendem a concentrar a deposição dos excrementos em locais característicos, de modo a promover acréscimo da MO na área de preferência dos animais. Resultados semelhantes aos achados foram encontrados por GEORGE et al. (2013), em que constataram que após o pastejo (1,5 e 2,2 UA ha⁻¹) a MO aumentou de 1,66 para 2,07%. SILVA NETO et al. (2012) ao estudar a variação espacial da matéria orgânica do solo, estipulando os parâmetros de degradação intensa, média e leve, observaram que após 35 dias de pastejo (6 UA ha⁻¹) a matéria orgânica de intensa degradação foi 17,6% maior do que degradação média.

A dispersão de carbono perdida determina o acúmulo de MO no solo, como também da atividade biológica, compostos orgânicos secundários, agregação do solo. Essas difentes propriedades se relacionam com o ciclo do carbono onde engloba o teor de matéria orgânica, agregação, porosidade, aeração, balanço de nitrogênio, dentre outros que tedom a melhorar a qualidade do solo (VEZZANI et al., 2001).

A Matéria orgânica do solo ajustou-se em ambos períodos ao modelo esférico (Tabela 2). Observando a dependência espacial entre as variáveis, por meio dos

modelos de semivariogramas. O modelo ajustado corrobora aos obtidos por Lima et al., (2010) que também estudou a MO e atributos físicos do solo antropogênico. Logo, o coeficiente de ajuste do modelo ao semivariograma (R^2) apresentou-se acima de 0,60 (Tabela 2), ou seja, no mínimo 60% da variabilidade existente nos valores da semivariância estimada são explicadas pelos modelos ajustados.

Tabela 3. Parâmetros de modelos de semivariogramas e grau de dependência espacial (SDD) antes e após o pastejo.

s	Atributo	Modelo	¹ C0 C	² C0+ C	³ A E %	⁴ GD	⁵ R ²
Antes do Pastejo							
¹)	MO (g kg ⁻¹)	Esféric	2,40	37,73	9,75	6,36	0,9
	0	0	0	0		0	
Após o Pastejo							
¹)	MO (g kg ⁻¹)	Esféric	0,90	49,06	8,74	1,83	0,6
	0	0	0	0		0	

¹C0: Efeito de pepita; ²Co+C: Limiar; ³A: Alcance; ⁴GDE: Grau de Dependência Espacial(%); ⁵R²: Ajuste do semivariograma.

Para os demais atributos físicos do solo antropogênico o modelo esférico se ajustou aos atributos macroporosidade e microporosidade,

O grau de dependência espacial (GDE) foi classificado como forte para ambas os períodos em estudo. Para Cambardella et al. (1994), atributos com forte dependência espacial são mais influenciados por propriedades intrínsecas do solo. Resultados similares foram encontrados por Kravchenko et al., (2006), que fala que quanto maiores os índices do (GDE), maior precisão da variável, estrutura espacial e a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo obtiveram forte dependência espacial para as variáveis estudadas.

Os parâmetros do modelo de semivariograma (Tabela 2) e o método de interpolação por krigagem para estimar valores em locais não amostrados foram utilizados para gerar os mapas de contorno da distribuição espacial (Figura 6).

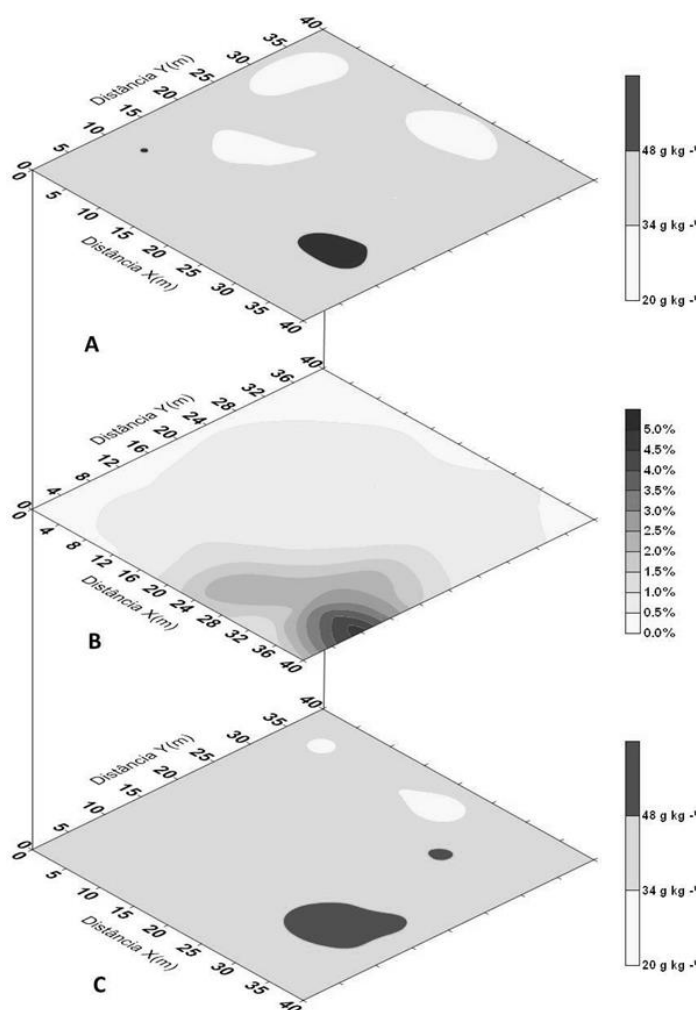


Figura 6. Mapas de espacialização: matéria orgânica do solo (g kg^{-1}) antes do período de pastejo na camada de 0,00 a 0,05 m (A); porcentagem de permanência de animais na área de pastagem (B); matéria orgânica do solo (g kg^{-1}) após o período de pastejo na camada de 0,00 a 0,05 m (C). Fonte: Arquivo autor (2017)

No presente estudo, os mapas esboçam uma proporção da porcentagem de permanência dos animais na área de pastejo e da matéria orgânica no solo após o período de pastejo. O gado continuou mais tempo junto ao local de repouso, onde por consequência foi observado grandes níveis de matéria orgânica no local que comporta conforto ao animal junto à sombra bebedouro e comedouro (Figura 6).

A permanência frequente das novilhas próximas ao local de bebedouro e descanso influenciou no maior índice de matéria orgânica. O estudo realizado por Riaboff et al. (2018) corroboram esses resultados, em que os autores utilizaram GPS para monitorar a posição dos animais no pasto em distintos horários ao decorrer do

dia e, observaram que o gado permaneceu durante um maior período descansando próximo ao bebedouro no período da tarde.

Segundo Schutz et al., (2014) os animais quando expostos a uma intensificação de produção pecuária com decorrencia de falta de sombra e conforto, tendem a ficar suscetíveis ao estresse, prejudicando seu desenvolvimento e acarretando alterações no seu comportamento, metabolismo e fisiologia. Em regiões de altas altitudes e temperaturas a sombra e ingestão de água diminuiu as implicações negativas referentes ao estresse térmico animal, e aspectos fisiológicos. (VIZZOTTO et al. 2015).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos observar que os animais permaneceram maior período próximo a locais específicos, constatando que os comportamentos deles variaram de acordo com fatores determinantes, a exemplo do tamanho da pastagem, topografia da área, instalação de cercas e acessibilidade a bebedouros, cochos e sombra. Além disso, fatores como a disposição de forragem no pasto influenciaram na dispersão da matéria orgânica.

Nos locais de maior permanência dos animais na área da pastagem, obteve-se maior concentração da matéria orgânica com um aumento após o pastejo de 11% no solo.

Com os dados obtidos através do desenvolvimento da pesquisa, chegamos a conclusões satisfatórias quanto a dispersão de MO no pasto, onde resultou em um material heterogêneo na área de pastagem, com índices concentrados de acordo com a seletividade e preferência natural do animal, interferindo em propriedades do solo como porosidade, aeração, agregação, como também a relação C/N.

Através da estatística descritiva obteve-se resultados, onde o coeficiente de variação antes do período de pastejo apresentou-se médio, e após o índice teve baixa variabilidade, atenuando a assimetria e curtose com valores normais, próximos a zero.

A geoestatística foi aplicada ao modelo esférico, onde a dependência espacial foi analisada através dos simvariogramas e o (R^2) apresentou-se acima de 60% de variabilidade.

7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G.L.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H.M. & ALMEIDA, G.A. Use of adiabatic evaporative cooling system in thermal comfort of Girolando, 2011.
- ALENCAR, N.M.; MELO, J.C.; DOS SANTOS, A.C.; CUNHA, O.F.R. & PAULA NETO, J.J, Spatial variability of soil properties, production of marandu-grassland and interrelation with the grazing intensity. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 24, n.4, p.338-349, 2016.
- ANGELICO JC. Desempenho da co-krigagem na determinação da variabilidade de atributos do solo. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 2006; 30(6): 931-936, 2006.
- ALMEIDA, G. L. P; PANDORFI, H.; BARBOSA, S. B.; PEREIRA, D. F.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. Behavior, production and milk quality of Holstein-Gir cows under acclimatization in the corral. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p.892-899, 2013.
- ALTMANN, J. Observational study of behavior sampling methods. *Behaviour*, v.49, p.227-267,1974.
- ABDEL MAGID, A. H.; TRLICA, M. J.; HART, R. H. Soil and vegetation responses to simulated trampling. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, v. 40, p. 303-306, 1987.
- ALEGRE, J. C.; LARA, P. D. Efecto de los animales en pastoreo sobre las propiedades físicas de suelos de la región tropical húmeda de Perú. *Pasturas Tropicales*, Cali, v. 13, n. 1, p. 18-23, 1991.
- ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; EUDER, M. Efeito da integração lavoura pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p. 717-723, 2001.
- ABDEL MAGID, A. H.; TRLICA, M. J. & HART, R. H. Soil and vegetation responses to simulated trampling. *Rangeland Ecology & Management*, v. 40, p. 303–306, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. ABIEC. Perfil da pecuária no Brasil: Relatório anual 2018. Disponível em:

<http://abiec.siteoficial.ws/images/upload/sumario-pt-010217.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2018.

BAILEY, D. W.; GROSS, J. E.; LACA, E. A.; RITTENHOUSE, L. R.; COUGHENOUR, M. B.; SWIFT, D. M.; SIMS, P. L. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Tucson*, v. 49, n. 5, p. 386-400, 1996.

BHANDRAL, R.; SAGGAR, S.; BOLAN, N. S.; HEDLEY, M. J. Transformation of nitrogen and nitrous oxide emission from grassland soils as affected by compaction. *Soil and Tillage Research*, v. 94, p. 482-492, 2007.

BIANCO, S.; TONHÃO, M. A. R.; PITELLI, R. A. Crescimento e nutrição mineral de capim-braquiária. *Planta Daninha, Viçosa-MG*, v. 23, n. 3, p. 423-428, 2005.

BLAISKI, E.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R. M. Quantificação de degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. *Revista Brasileira Ciência Do Solo, Viçosa*, v. 32, n.3, p. 975-983, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/KwCdrm3zzv5L8t7f5hBthjb/>>. Acesso em: 10 nov. 2025.

BATISTA, P. H. D.; ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; et al. Spatial variability of soil physical-hydric attributes under bovine trampling in agreste of Pernambuco State, Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 41, e39594, 2019.

BORTOLINI, D.; ALBUQUERQUE, J. A.; RECH, C.; MAFRA, Á. L.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; Pértile, P. Propriedades físicas do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em Cambissolo Húmico. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.15, p.60-67, 2016.

CARVALHO, P. C. D. F.; TRINDADE, J. K. D.; MEZZALIRA, J. C.; POLI, C. H. E.C.; NABINGER, C.; GENRO, T. C. M.; GONDA, H. L. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multifuncionalidade das pastagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.109-122, 2009.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.58, p.1501-1511, 1994.

CIRILO SILVA, B. E.; MEDINA, E. F.; JOLOMBA, M. R. Propriedades físicas do solo em função de diferentes manejos de pastagem. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.7, p.66-75, 2017.

CASSOL, L. C. Relação solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície. 2003. 157f. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.V. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos: INPE. p. 1-35, 2001. Disponível em: <<http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2026.

DIAS-FILHO, M. B. Sistemas silviopastoris na recuperação de pastagens degradadas. Embrapa Amazônia Oriental-Documents (INFOTECA-E), 2006.

DENIZ, M.; SCHMITT FILHO, A. L.; FARLEY, J.; QUADROS, S. F.; HÖTZEL, M. J. High biodiversity silvopastoral system as an alternative to improve the thermal environment in the dairy farms. International journal of biometeorology, v.63, p.83-92, 2019.

DENIZ, N. N.; CHELOTTI, J. O.; GALLI, J. R.; PLANISICH, A. M.; LARRIPA, M. J.; RUFINER, H. L.; Giovanini, L. L. Embedded system for real-time monitoring of foraging behavior of grazing cattle using acoustic signals. Computers and Electronics in Agriculture, v.138, p.167-174, 2017.

DURÃES, H. F.; DE OLIVEIRA, E. R.; GABRIEL, A. M. DE A.; GANDRA, J. R.; NEVES, N. F.; SILVA, J. T.; MARQUES, O. F. C.; DE LIMA, B. M. ALVES, R. T. Centro de Desenvolvimento Rural do Itamarati: Relatos e Vivências. In: Utilização do Biodigestor no Assentamento Rural Itamarati Visando ao Aproveitamento do Biofertilizante e do Biogás. ed. 1. – Dourados -MS. Seriema, 2021, p. 85-96.

DAL COLLETO, L. C.; OLIVEIRA, J. E. S., BARROSO, P. A. V. Estimativa do NDVI utilizando imagens do Sentinel-2 e do SIG SNAP para avaliação de estádios de degradação de pastagens em Alcínópolis-MS. In: Congresso interinstitucional de iniciação científica, 14. Anais [...]. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2020. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1126290>>. Acesso em: 4 fev.2026.

EMBRAPA Manual de métodos e análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2011.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Brasília, 2006, 354p.

FARACO, M. A.; URIBE OPAZO, M. A.; DA SILVA, E. A. A.; JOHANN, J. A.; BORSSOI, J. A. Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e produtividade da soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 463-476, 2008.

FROLLA, F.; APARICIO, V.; COSTA, J. L.; KRÜGER, H. Soil physical properties under different cattle stocking rates on Mollisols in the Buenos Aires Province, Argentina. *Geoderma Regional*, v.14, e00177, 2018.

GEORGE, S.; WRIGHT, D.L. & MAROIS, J.J. Impact of grazing on soil properties and cotton yield in an integrated crop–livestock system. *Soil and Tillage Research*, v.132, p.47-55, 2013.

HILARIO, M. C.; Wrage-Mönnig, N.; Isselstein, J. Behavioral patterns of (co-) grazing cattle and sheep on swards differing in plant diversity. *Applied Animal Behaviour Science*, v.191, p.17- 23. 2017.

HANSON, D. & MO, C. Monitoring cattle motion using 3-axis acceleration and GPS data. *Journal of Research in Agriculture and Animal Science*, v.2, p.1-8, 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rebanho bovino. Estatísticas econômicas, 2016-2017. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa da Pecuária Municipal. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sidra: Banco de Tabelas Estatísticas, 2025b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 20/12/2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produto Interno Bruto – PIB, 2025a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>. Acesso em: 20/12/2025.

JOURNEL, A.G. & HUIJBREGTS, C.J. mining geostatistics. London: Academic

Press,1978. 600p.

LARSON, L.; JOHNSON, D.E.; WILSON, M.; WILSON, K.; LOUHAICHI, M. & WILLIAMS, J. Spatial occupancy patterns and activity of arid rangeland cattle grazing small riparian pastures. *Animal Science Journal*, v.88, n.3, p.553-558, 2017.

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

LIU, J.; FENG, C.; WANG, D.; WANG, L.; WILSEY, B. J.; ZHONG, Z. Impacts of grazing by different large herbivores in grassland depend on plant species diversity. *Journal of Applied Ecology*, v.52, p.1053-1062, 2015.

MANZIONE, R. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial multivariada aplicada na avaliação da fertilidade do solo. *Engenharia na Agricultura, Viçosa*, v. 19, n. 3, p. 227-235, 2011.

MELO, J.C.; ALEXANDRINO, E.; PAULA NETO, J.J.; SILVA, A.A.M.; NEIVA, J.N.M. & REZENDE, J.M. Preference of fodder marandu-grass (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) managed under intermittent stocking and submitted to nitrogen levels in the legal Amazon. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, n.4, p.1679-0359, 2015.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A. D. O. Área de piquete e taxa de lotação no pastejo rotacionado. *Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico*, p.8, 2003.

MENDES, F. B. L.; SILVA, R. R.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, F. F.; LINS, T. O. J. D.; SILVA, A. L.N.; MACEDO, V.; ABREU FILHO, G.; SOUZA, S. O.; GUIMARÃES, J. O. Ingestive behavior of grazing steers fed increasing levels of concentrate supplementation with different crude protein contents. *Tropical animal health and production*, v.47, p.423-428, 2015.

MORAES, A.; LUSTOSA, B.C. Efeito do animal sobre as características do solo e da produção da pastagem. In: *SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS*, 1997, Maringá. ... Maringá: UEM, Departamento de Zootécnica, 1997. p.129-149.

MANZIONE, R. L.; & ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial multivariada aplicada na avaliação da fertilidade do solo. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.19, p.227-235, 2011.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLACO, A. F. *Agricultura de precisão*. São Paulo: Oficina de Textos. p.238, 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Programa Mais Leite Saudável – PMLS. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/sustentabilidade/maisleitesaudavel/leite-saudavel>>. Acesso em: 09 Dez. 2025.

NOVO, E.; M.; L.; M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 4º ed. São Paulo: Blucher. p. 388, 2010.

NEGRÓN, M.; LÓPEZ, I.; DÖRNER, J. Consequences of intensive grazing by dairy cows of contrasting live weights on volcanic ash topsoil structure and pasture dynamics. *Soil and Tillage Research*, v. 189, p. 88-97, 2019.

NANZER, M. C., ENSINAS, S. C., BARBOSA, G. F., BARRETA, P. G. V., DE OLIVEIRA, T. P., DA SILVA, J. R. M., & PAULINO, L. A. (2019). Estoque de carbono orgânico total e fracionamento granulométrico da matéria orgânica em sistemas de uso do solo no Cerrado. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 18(1), 136-145.10.5965/223811711812019136

NASCIMENTO, D. B. et al. Ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio em ecossistemas de pastagem. *Ciência Animal Brasileira*, v. 25, 2024. DOI: 10.1590/1809-6891v25e-76743.

OLIVEIRA, K. M. D.; CASTRO, G. H. D. F.; HERCULANO, B. N.; MOURTHÉ, M. H. F., SANTOS, R. A.; Pires, A. V. Comportamento ingestivo de bovinos leiteiros alimentados com farelo de crumbe. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.68, p.439-447, 2016.

OLEA, R.A. Optimum mapping techniques using regionalized variable theory. Lawrence, university of Kansas, 1975.137p. (Series on Spatial Analysis, 2)

PEREIRA, K. C. B.; CARVALHO, C. D. C. S.; RUAS, J. R. M.; MENEZES, G. C. D. C.; CASTRO, A. L. D.O.; COSTA, M. D. D. Effect of the climatic environment on ingestive behavior of F1 Holstein x Zebu cows. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.19, p.207-215, 2018.

PÉREZ, J.M.L.; DE LA VARGA, M.E.A.; GARCÍA, J.J. & LACASA, V.R.G. Monitoring lidia cattle with GPS-GPRS technology: a study on grazing behaviour and spatial distribution. *Veterinaria México*, v.4, n.4, p.1-17, 2017.

PASCOA, A. G.; COSTA, M. J. R. P. Aplicação dos sistemas de informação geográfica para definição de estratégias de manejo de bovinos nas pastagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, p.45-51, 2007.

RIABOFF, L.; BEDERE, N.; COUVREUR, S.; AUBIN, S.; GOUMAND, E.; MAGNIER, J.; MADOUASSE, A.; CHAUVIN, A. & PLANTIER, G. – Influence of pasture characteristics and time of day on dairy cow behaviour predicted from GPS-data. *In: 27. General meeting of the European Grassland Federation*, v.23, p.807-809. 2018.

ROBERTSON GP: GS+: Geostatistics for the environmental sciences.

Gamma Design Software, Plainwell, MI, 1998

R.F.; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudo de variabilidade espacial do solo: In NOVAIS, R.F.; eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-55, 2000.

RUSSELLE, M. P. Nutrient cycling in pasture. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL PRODUCTION UNDER GRAZING, 1997, Viçosa, MG. ... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997.p. 235-266.

REZA, S. K.; NAYAK, D. C.; CHATTOPADHYAY, T.; MUKHOPADHYAY, S.; SINGH, S. K.; SRINIVASAN, R. Spatial distribution of soil physical properties of alluvial soils: a geostatistical approach. Archives of agronomy and soil science, v. 62, p. 972-981, 2016.

SALTON, J. C.; CARVALHO, P. C. F. Heterogeneidade da pastagem – causas e consequências. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. Doc.91, p.41, 2007.

SILVA, A.A.; CASTRO, S.S. Potencial e risco à compactação dos solos da microrregião de Quirinópolis, sudoeste do estado de Goiás. Revista Territorial, v.2, p.106-127, 2013.

Schütz KE, Cox NR and Tucker CB. A field study of the behavioral and physiological effects of varying amounts of shade for lactating cows at pasture. Journal of Dairy Science 97, 1–7, 2014.

SILVA NETO, S.P.; DOS SANTOS, A.C.; LIMA LEITE, R.L.; DIM, V.P.; DAS NEVES NETO, D.N. & DA SILVA, J E.C. Spatial variation of the content of soil organic matter and production of pasture grass marandu. Bioscience Journal, v. 28, p.41-53, 2012.

VIEIRA, Sidney R. Geoestatística aplicada à agricultura de precisão. GIS Brasil, v. 98, 2000.

STURARO, J.R. Mapeamento geoestatístico de propriedades geológico-geotécnicas

obtidas de sondagens de simples reconhecimento. Tese (Doutorado) – Escola de

Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1993.

SOUZA, J. M. de. Dinâmica de atributos físicos e químicos de um Argissolo Vermelho Amarelo em topossequência de pastagem cultivada no Brejo Paraibano.

2010. 72f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo e Água) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACHADO, I. A. Z.; OLIVEIRA, H. Pastoreio da aveia e compactação do solo. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. 5 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 48).

SCHEIBE, K. M.; SCHLEUSNER, T.; BERGER, A.; EICHHORN, K.; LANGBEIN, J.; DAL ZOTTO, L.; STREICH, W. J. ETHOSYS (R)—new system for recording and analysis of behaviour of free-ranging domestic animals and wildlife. *Applied Animal Behaviour Science*, v.55, p.195-211, 1998.

SILVA, A. R., SALES, A., & VELOSO, C. A. C. (2016). Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), Homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. *AgropecuáriaTécnica*, 37(1), 96-104. <http://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/at/index>

VEZZANI, F. M. Qualidade do sistema solo na produção agrícola. 184p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de pós-graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, 2001.

VIZZOTTO, E. F.; FISCHER, V.; NETO, A. T.; ABREU, A. S.; STUMPF, M. T.; WERNCKE, D.; MCMANUS, C. M. Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. *animal*, v. 9, p. 1559-1566, 2015.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H., SCHAEFER, G.R. (ed.) *Tópicos em Ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, 2000. p. 1-54.

VENDRAMINI, João M. B.; DUBEUX JÚNIOR, José C. B.; SILVEIRA, Maria L. Ciclagem de nutrientes em pastagens tropicais. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 9, n. 2, p. 308–315, 2014.

WILLIAMS, M.L.; JAMES, W.P. & ROSE, M.T. Fixed-time data segmentation and behavior classification of pasture-based cattle: Enhancing performance using a hidden Markov model. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.142, part B, p.585-596, 2017.

WILLIAMS, M. L.; JAMES, W. P.; ROSE, M. T. Fixed-time data segmentation and behavior classification of pasture-based cattle: Enhancing performance using a hidden Markov model. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.142, p.585-596, 2017.

WILKINSON, R.; LOWREY, R. W. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems. In: BUTLER, G. W.; BAILEY, R. W. (Ed.). London: Academic Press. 1973. p. 247-325.

WELKER, C. A. D.; LONGHI-WAGNER, H. M. A família Poaceae no Morro Santana, Rio Grande do Sul, Brasil. Porto Alegre. *Revista Brasileira de Biociências*, v.5, n.4, p.53-92, 2007.

KOCH, B.; HOMBURGER, H.; EDWARDS, P.J. & SCHNEIDER, M.K. Phosphorus redistribution by dairy cattle on a heterogeneous subalpine pasture, quantified using GPS tracking. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.257, p.183-192, 2018.

Kravchenko, A. N.; Robertson, G. P.; Snap, S. S.; Smucker, A. J. M. Using information about spatial variability to improve estimates of total soil carbon. *Agronomy Journal*, v.98, p.823-829, 2006.

KNIGHT, C.W.; BAILEY, D.W. & FAULKNER, D. Low-Cost Global Positioning System Tracking Collars for Use on Cattle. *Rangeland Ecology & Management*, v. 71, n.4, p.506-508, 2018.

ZAPE Digital - Zoneamento Agroecológico de Pernambuco. Recife-PE: Embrapa Solos, 2001. (Embrapa Solos. Documentos, n.35). ZAPE Digital, CD-ROM. 2001.