

MONITORAMENTO DA POSIÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS POR SISTEMA MICROCONTROLADO DE RASTRAMENTO VIA GPS E ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO SOLO A PENETRAÇÃO

Pedro Henrique Dias Batista¹; Gledson Luiz Pontes de Almeida²; Roger Moura Sarmiento³; Héilton Pandorf⁴; Cristiane Guiselini⁵; Gleidiana Amélia Pontes de Almeida⁶

¹ Mestrando em Engenharia Agrícola, PGEA da UFRPE, Recife-PE, giga_pedro@hotmail.com

² Engenheiro Agrícola e Ambiental, Professor da UFRPE, Recife-PE, gledson.almeida@ufrpe.br

³ Especialista em Engenharia de Software, Professor do IFCE, Iguatu-CE, rogerms@ifce.edu.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, Professor da UFRPE, Recife-PE, hpandorf@hotmail.com

⁵ Engenheira Agrônoma, Professora da UFRPE, Recife-PE, cguiseli@hotmail.com

⁶ Zootecnista, Doutoranda em Zootecnia, PPGZ da UFRPE, Recife-PE, ameliazootecnia@gmail.com

RESUMO: Objetivou-se avaliar o monitoramento de bovinos leiteiros em pastejo em função da intensidade de pisoteio na compactação do solo. O estudo foi conduzido em um período de 21 dias, na Fazenda Roçadinho no município de Capoeiras, Agreste do estado de Pernambuco. A área de 40 x 40 m, foi manejada em sistema de pastejo contínuo de bovinos leiteiros e taxa de lotação média de 12 UA/ha. O monitoramento dos animais foi realizado com colares microcontrolados para monitoramento GPS, programados para registrar o posicionamento dos animais na área a cada minuto, durante o período de pastejo. Antes e após o pastejo coletou-se amostras deformadas na camada superficial do solo para determinação da matéria orgânica, onde também se verificou a resistência do solo à penetração (RP) na camada 0,0 – 0,10 m, na qual utilizou-se malha regular 6 x 6 m totalizando 36 pontos de amostragem. A matéria orgânica apresentou um acréscimo de 11,60% e a resistência a penetração aumentou 79,40% durante o período de pastejo. A percentagem do posicionamento dos animais indicou que os mesmos se mantiveram por mais tempo nas proximidades da área de sombra, nessa região também foram encontrados altos teores de MO e a resistência do solo a penetração foi classificada como alta.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, arduino, monitoramento gps.

INTRODUÇÃO: A pecuária de precisão diz respeito a inovações tecnológicas que monitoram o animal no seu ambiente pastoril (CARVALHO *et al.*, 2009). Tecnologias mais complexas, como, as cercas virtuais baseadas em tecnologia de sistemas embarcados e sistema de posicionamento global (*global positioning system*, GPS), procuram controlar o movimento dos animais de acordo com o interesse maior ou menor de ocupação de certas zonas na pastagem (BISHO-PHURLEY *et al.*, 2007).

O monitoramento conjunto da posição dos bovinos por GPS e da resistência do solo a penetração é uma ferramenta importante na tomada de decisões. A partir dessas informações pode-se identificar e delimitar áreas de preferência. Isto permitiu a escolha de um manejo mais preciso acerca da lotação e da utilização sustentável das pastagens. Assim, as ferramentas de monitoramento animal podem ser importantes para definir que espécies animais e categorias podem ser utilizadas, como também a disposição espacial de sombra, saleiros, comedouros, bebedouros e outros, com o objetivo de melhorar o uso dos recursos disponíveis e promover visitas aos locais poucos frequentados na pastagem (LACA, 2008).

Alguns autores (LANZANOVA *et al.*, 2011; CERVELATI *et al.*, 2011) indicam que o pisoteio dos animais em áreas de pastagem, podem ser uma das causas de compactação do solo. Nesse contexto resistência do solo a penetração tem sido empregada para caracterizar as modificações físicas resultantes da compactação, causadas quase sempre pela pressão exercida pelo tráfego das máquinas agrícolas, pelo pisoteio dos animais. Valores entre 2 e 2,5 MPa têm sido indicados como os limites críticos de resistência do solo à penetração para a maioria dos vegetais (SILVEIRA *et al.*, 2010).

Neste contexto objetivou-se avaliar o monitoramento de bovinos leiteiros em pastejo em função da intensidade de pisoteio na compactação do solo.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi conduzido em uma propriedade comercial de criação de bovinos de leite, Fazenda Roçadinho no município de Capoeiras, localizada na Microrregião do Vale do Ipojuca, Mesorregião Agreste do estado de Pernambuco. O local situa-se na latitude de 8° 36'S, longitude de 36° 37'W e altitude de 700 m. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como semiárido (Bsh). A precipitação pluviométrica média anual da região é de 588 mm. O solo do local foi classificado como Planossolo de acordo com o Zoneamento Agroecológico de Pernambuco - ZAPE (2001). A caracterização do solo (Tabela 1) foi realizada no Laboratório de Mecânica dos Solos e Aproveitamento de Resíduos da Universidade Federal Rural do Pernambuco-UFRPE, de acordo com os métodos descritos pela EMBRAPA (2011).

Tabela 1. Característica do solo.

Areia (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	¹ Dp (kg dm ⁻³)	² Ds (kg dm ⁻³)	³ RP (MPa)	⁴ MO (g kg ⁻¹)
817,82	178,78	4,00	2,64	1,67	2,36	39,57

¹Densidade de Partículas; ²Densidade do Solo; ³Resistencia a Penetração; ⁴Matéria Orgânica.

O estudo foi realizado em solo sob pastagem de braquiária *decumbens*, no período 16/10 à 05/11/2016 totalizado um 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 (Figura 1), medindo 8 x 10 m, contendo bebedouro e área de sombra com aproximadamente 15 m².

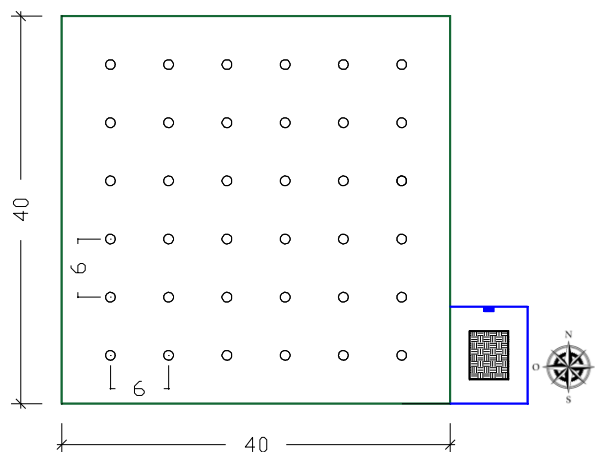


Figura 1. Croqui da área de pastagem (—); Pontos de amostragens (○); Área de descanso para os animais (—); Área de sombra (■).

A área foi manejada em sistema de pastejo contínuo, havendo bovinos leiteiros e taxa de lotação de 12 UA/ha. Foram utilizadas 3 novilhas da raça Girolando, que iniciaram o período de pastejo com o pasto apresentando altura média 90 cm, sendo finalizado com altura média de 20 cm.

O monitoramento dos animais foi realizado a partir de um protótipo desenvolvido por pesquisadores do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DEAGRI-UFRPE) em parceria com o Departamento de Informática do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Ceará (Iguatu-CE), utilizando microcontrolados ARDUINO e *shield* GPS (Figura 2A), ou seja, um módulo GPS que transforma o Arduino em um receptor GPS, com armazenamento de dados em um cartão SD, gravando informações de posicionamento global do animal. Os equipamentos foram programados usando a linguagem C/C++ e configurados para registrar o posicionamento dos animais na área com intervalo de 1 (um) minuto, durante o período de pastejo.

O GPS era alimentado por 3 baterias de 3800 mAh e, apresentou autonomia de 15 horas. O teste de precisão foi determinado conforme metodologia utilizada por JESUS (2014), em que o

presente dispositivo apresentou erro médio de 6,5%, visto que este erro representa apenas 0,65 m a cada 10 m, mostrando-se satisfatório por se tratar de um GPS alternativo. Os equipamentos ficaram protegidos por uma caixa de acrílico, para evitar danos causados pelos animais ou chuva, e acomodados em coleiras de couro (Figura 2B) que foram presas na região do pescoço dos bovinos (Figura 2C).



Figura 2: Hardware do sistema desenvolvido (A); Protótipo experimental da coleira GPS (B); Coleira GPS presa ao pescoço do animal (C).

Antes e após o período de pastejo coletou-se amostras deformadas na camada 0,0 - 0,05 m do solo para determinação da matéria orgânica (MO), onde carbono orgânico foi determinado pelo método da titulação e a matéria orgânica é calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724. Conforme metodologia proposta por EMBRAPA (2011). Também se verificou a resistência do solo à penetração (RP), em ambos os períodos, na camada 0,0 - 0,10 m utilizando um penetrômetro de impacto reduzido, modelo IAA/Planalsucar/Stolf. Com o número de impactos dm^{-1} transformado em resistência dinâmica (MPa) por meio da Eq.1 proposta por STOLF (1991). Utilizou-se malha regular 6 x 6 m totalizando 36 pontos de amostragem, com 5 m de bordadura.

$$RP = \frac{M + m + \left(\frac{M}{M+m} \times \frac{M \times h}{x} \right)}{A} \quad (1)$$

Em que:

RP - Resistência do solo à penetração, kgf cm^{-2} ($\text{kgf cm}^{-2} \times 0,098 = \text{MPa}$);

M - Massa do êmbolo, 1,6 kgf;

m - Massa do aparelho sem êmbolo, 1,5 kgf;

h - Altura de queda do êmbolo, 54 cm;

x - Penetração da haste do aparelho, cm por impacto;

A - Área do cone, $1,35 \text{ cm}^2$.

O programa Surfer 9 (GOLDEN SOFTWARE, 2010) foi utilizado para manipulação e visualização da distribuição espacial, por meio da construção de mapas de sobreposição do monitoramento GPS, MO e RP. A escala do mapa de RP foi estabelecida de acordo com as classes adaptadas do SOIL SURVEY STAFF (1993), baixa: $RP < 0,1 \text{ MPa}$; Moderada: $0,1-2,0 \text{ MPa}$; Alta: $2,0-4,0 \text{ MPa}$; Muito Alta: $4,0-8,0 \text{ MPa}$; Extremamente alta: $RP > 8,0 \text{ MPa}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A figura 3 apresenta os mapas da percentagem de permanência dos animais na área destinada ao pastejo (Figura 3A), da matéria orgânica (Figura 3A) e da resistência do solo a penetração (Figura 3C) após período de pastejo. A MO apresentou um acréscimo de 11,60% e a RP aumentou 79,40% durante o período de pastejo. Conforme CARVALHO *et al.* (2009) a distribuição de dejetos pelos animais, que normalmente não são constantes por toda a área, pode alterar o material orgânico existente nessas regiões. Analisando a variação espacial do teor de matéria orgânica do solo em pastagens de baixa, média e alta degradação NETO *et al.* (2011) observou que após 35 dias de pastejo (6 UA/ha) a matéria orgânica na área de alta degradação foi 17,6% maior. Avaliando os atributos físicos do solo em

sistema de integração lavoura-pecuária LANZANOVA *et al.* (2007) indicou que após 14 dias de pastejo a RP, na camada 0,05 – 0,08 m, aumentou 57% quando comparado com uma área não pastejada.

Observa-se que os bovinos permaneceram por mais tempo nas proximidades da área de sombra durante o ciclo de pastejo, nessa região também se constatarem altos teores de matéria orgânica e, a RP apresentou valores acima de 2MPa, classificada com "Alta" de acordo com as classes adaptadas do SOIL SURVEY STAFF (1993). Em estudos realizados por CERVELATI *et al.* (2011), os autores utilizaram 4Ua/ha em pastejo contínuo e verificaram que a RP apresentou média acima de 2,2 MPa antes e após período de pastejo. De acordo com GLASER (2008) os bovinos mantidos em pastagens de regiões tropicais buscam a sombra regularmente como recurso de conforto térmico. Avaliando o comportamento de vacas de raça Holandês em ambiente quente DA MATA *et al.* (2016) observaram que os animais permaneceram mais de 90% do tempo avaliado próximo a área de sombra. Em estudo sobre o monitoramento de bovinos utilizando colares com sensor GPS embutido e imagens de satélite HANDCOCK *et al.* (2009) observaram que os animais se mantiveram perto do bebedouro por uma grande quantidade de tempo procurando não se afastar deste local.

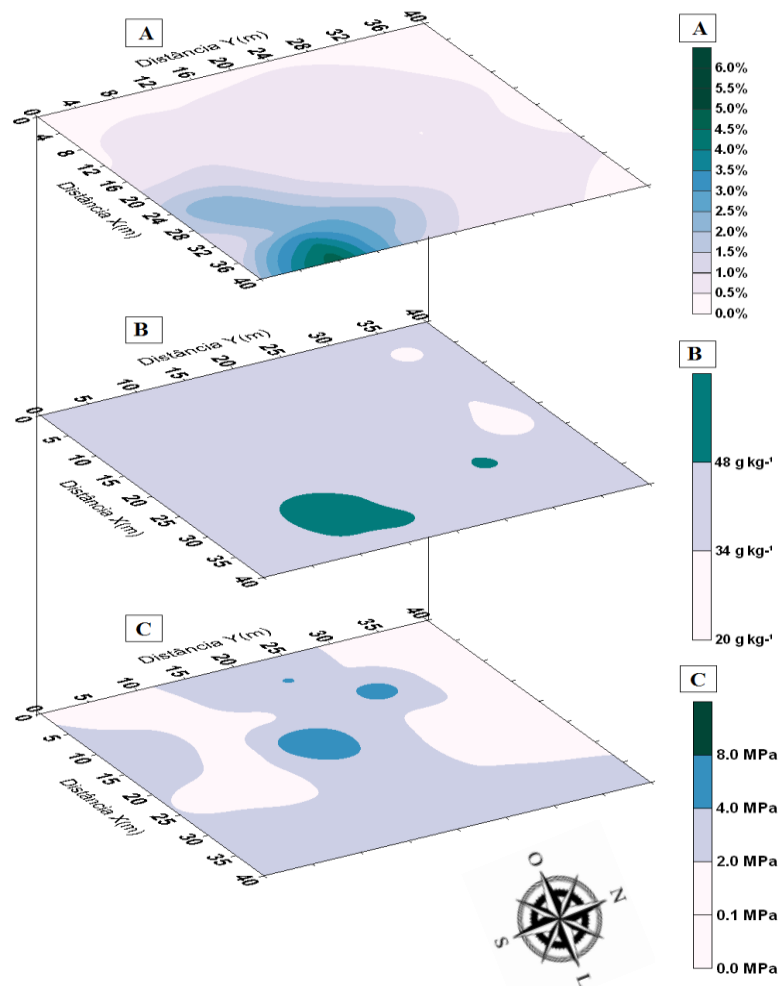


Figura 3: Mapas de espacialização sobrepostos: Mapa referente a percentagem de permanência dos animais na área destinada ao pastejo (A); Mapa de espacialização da matéria orgânica (g.kg^{-1}), após período de pastejo, na camada 0,0 – 0,05 m (B); Mapa de espacialização da resistência do solo a penetração (MPa) após período de pastejo, na camada 0,0 – 0,10 m (C).

A existência de sombra nas proximidades de áreas de pastejo torna-se indispensável principalmente em regiões semiáridas, assim os produtores também podem utilizar abrigos com

sombreamento artificial afim de evitar aglomerado de bovinos em uma única região, a utilização de mais de uma área sombreada pode diminuir o efeito do pisoteio e consequente desacelerar o aumento da resistência a penetração em áreas de pastejo intensivo. Conforme SCHÜTZ et al. (2010) vários tipos de sombra, como árvores ou instalações artificiais podem criar diferentes microclimas.

CONCLUSÕES: A matéria orgânica apresentou um acréscimo de 11,60% e a resistência a penetração aumentou 79,40% durante o período de pastejo. Os animais permaneceram por mais tempo nas proximidades da área de sombra, onde também foram contatados altos teores de MO e alta resistência do solo a penetração. A coleira GPS se enquadrou nas expectativas da pesquisa quanto à eficiência e autonomia.

REFERÊNCIAS:

- BISHOP HURLEY, G. J.; SWAIN, D. L.; ANDERSON, D. M. Virtual fencing applications: implementing and testing an automated cattle control system. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.56, p.14-22, 2007.
- 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 multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.109-122, 2009.
- CERVELATI, K.F; NETO, E.L.S; EGUCHI, E.S; SILVA, M.R; PIERANGELI, M.A.P. Efeito de diferentes sistemas de pastejo em atributos físicos do solo. **PUBVET**, v.5, n.22, Ed.169, Art.1142, 2011.
- DA MATA, B. C.; PIRES, M. D. F. Á.; MARQUES, L. C. G.; PORTO, B. R.; DE CARVALHO JUNIOR, I. S. Comportamento diurno de vacas Holandesas puras por cruza em ambiente quente. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.49-56, 2016.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos e análise de solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2011. 230p.
- GOLDEN SOFTWARE. **Surfer for windows version 9.0**. Colorado: Golden, 2010.
- GLASER, F. D. **Aspectos comportamentais de bovinos das raças Angus, Caracu e Nelore a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão**. 2008. 117f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, Pirassununga. 2008.
- JESUS, L. **Identificação do comportamento bovino por meio do monitoramento animal**. 2014. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2014.
- LACA, E.A. Pastoreo de precisión. In: **Bioma Campos: innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad**. Montevideo: Tradinco. v.1. 2008. p.29-40.
- SCHÜTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; POULOUIN, Y. A.; COX, N. R.; TUCKER, C. B. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.125-133, 2010.
- SILVEIRA, D. C.; MELO FILHO, J. F.; SACRAMENTO, J. A. A. S.; SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no Recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.659-667, 2010.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.229-235, 1991.
- SOILSURVEY STAFF. **Soil Survey Manual**. Washington: USDA-SCS. U.S. Gov. Print. Office, 1993. 437p.
- ZAPE Digital - Zoneamento Agroecológico de Pernambuco. Recife-PE: Embrapa Solos, 2001. (Embrapa Solos. Documentos, n.35). ZAPE Digital, **CD-ROM**. 2001.