

# SENSORES DE DISTÂNCIA PARA MEDIDAS DE ALTURA DO DOSSEL FORRAGEIRO

Orlando Daniel Masnello<sup>1</sup>; José Paulo Molin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Mestrando - Laboratório de Agricultura de Precisão, ESALQ, USP, Piracicaba-SP. danielmasnello@gmail.com / (19) 9 9252-8063; <sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agrícola, Professor - Laboratório de Agricultura de Precisão, ESALQ, USP, Piracicaba-SP

Apresentado no  
**Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão- ConBAP 2022**  
Campinas, SP, 09 a 11 de agosto de 2022

**RESUMO:** Medidas de altura do dossel forrageiro são necessárias para a otimização do uso de pastagens em sistemas pecuários. Com base nessas medidas é possível identificar os melhores momentos para realização do pastejo ou corte da forragem. Diversos métodos são encontrados para realização dessa medida, incluindo sensores de distância, que são capazes de mensurar a altura do dossel com base na posição do sensor e a distância mensurada. Neste trabalho buscou-se avaliar uma metodologia de medidas de altura do dossel forrageiro em pastos de capim coast cross, utilizando os sensores de distância sonar e LiDAR, coletando dados de um deslocamento sobre o dossel para estimar a altura média, a qual foi comparada com medidas pelo método tradicional. Os resultados encontrados foram de  $R^2 = 0,96$  para os dois sensores avaliados, com um RMSE = 0,03 m. Assim infere-se que o método avaliado pode ser utilizado em medidas de altura do dossel. Estudos posteriores poderão avaliar a efetividade desta metodologia para medidas em movimento visando à automação do processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensoriamento Proximal; Sensores de Distância; Pastagens

## USE OF SONAR AND LIDAR DISTANCE SENSORS IN FORAGE CANOPY HEIGHT MEASUREMENTS

**ABSTRACT:** Measures of forage canopy height are an important tool for optimizing the use of pastures in livestock systems, based on these measures it is possible to identify the best times to carry out grazing or forage cutting. Several methods are found to perform this type of measurement, among these methods are the distance sensors, which are able to measure the canopy height based on the position of the sensor and the measured distance. The work in question sought to evaluate a methodology for measuring forage canopy height in coast cross grass pastures, using two distance sensors, sonar and LiDAR, collecting data from a displacement over the canopy to estimate its average height, which was compared with measurements by the traditional method. The results found were  $R^2 = 0.96$  for the two sensors evaluated, with an RMSE = 0.03 m. With this it can be understood that the evaluated method can be used in canopy height measurements. Further studies can assess the effectiveness of this methodology for measurements in motion.

**KEYWORDS:** Proximal Sensing; Distance Sensors; Pastures

**INTRODUÇÃO:** O monitoramento de variáveis biométricas de pastagens é uma importante ferramenta para o desenvolvimento de uma pecuária mais eficiente e sustentável. A partir delas é possível adequar a oferta de forragem à demanda animal de maneira mais assertiva (Pedreira, 2002). Uma das estratégias mais utilizadas no monitoramento é a mensuração da altura do dossel forrageiro, que pode indicar o momento de entrada dos animais, ou corte da forragem, e o tempo de permanência, a partir da altura residual. Por ser uma medida de fácil obtenção, ela é amplamente utilizada tanto na pesquisa quanto em ambientes de produção (Silva e Júnior, 2007). Várias técnicas de medida de altura do dossel forrageiro vem sendo propostas, baseadas no uso de sensores capazes de realizar tais medidas, reduzindo a mão de obra empregada e aumentando a capacidade de coleta de dados, que por sua vez possibilita análises mais complexas, como por exemplo medidas espacializadas de altura do dossel (Fricke et al., 2011). Os principais tipos de sensores utilizados para medidas de altura do dossel forrageiro são sensores de distância baseados no princípio do tempo de voo, a qual mede o tempo de retorno de um sinal ao sensor após refletido por um objeto qualquer. Dentre eles estão os sensores ultrassônicos, que emitem ondas sonoras, e sensores LiDAR (Light Detection and Ranging), que emitem feixes

de luz (Safari et al., 2016; Colaço et al., 2018). Este trabalho objetivou avaliar o uso de sensores de baixo custo, sonar e LiDAR, para medidas de altura do dossel forrageiro de pastos de *Cynodon dactylon* cv. coast-cross.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** O experimento foi realizado durante a primavera de 2021, em um piquete de capim coast cross submetido a pastejo rotativo de ovinos, em área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) pertencente ao campus de Piracicaba da Universidade de São Paulo (USP). Uma estrutura metálica foi desenvolvida para medidas de altura do dossel forrageiro com uso dos sensores e medidas com uso de bastão graduado e folha plástica (Mannetje, 2000) em um mesmo ponto. Uma haste metálica com fita métrica foi utilizada para as medidas manuais e uma barra metálica perpendicular foi fixada na haste, onde os sensores foram acoplados, de modo que essa barra permitisse o movimento linear dos sensores sobre o dossel (Figura 1). Os sensores utilizados foram sensor ultrassônico Hc-Sr04 (OSEPP Electronics, Canadá), que apresenta ângulo de abertura de 15° e mensura distâncias entre 0,02m e 4m. A mensuração é prejudicada em materiais com isolamento acústico e a distância máxima indicada para seu uso é reduzida para 3m em medidas ao ar livre. E o sensor TFmini-LiDAR (Seeed Studio, China), que possui ângulo de abertura de 2,3° e mensura distâncias entre 0,03m e 12m. A mensuração é prejudicada em casos extremos, com luminosidade acima de 100 lux, e a distância máxima indicada para seu uso é reduzida para 9m para medidas ao ar livre. Foi estabelecida uma frequência de 100 hz para a coleta de dados, e as medidas de altura do dossel foram dadas pela diferença entre a altura dos sensores até o solo e a distância mensurada dos sensores sobre o dossel.

Foram estabelecidos 30 pontos de coleta, elencados em cinco categorias, sendo “1” os pontos de menor altura e “5” os pontos de maior altura do dossel. Para cada ponto foram realizadas medidas com os sensores coletando dados de maneira contínua em um deslocamento de 0,5m (Figura 1). O deslocamento foi realizado manualmente, coletando em média mil pontos de distância entre os sensores e o dossel forrageiro para cada ponto de calibração, os quais foram posteriormente processados para estimativas de altura do dossel média para cada ponto de calibração. O deslocamento foi proposto para estimar a altura média em uma faixa de dossel, uma vez que medidas de maneira pontual podem representar uma área específica não representativa da altura média da população de plantas ao redor do ponto. Desta forma, o conjunto de dados em uma faixa de 0,5m pode representar tanto as variações dentro de cada ponto como também a média de altura do dossel, podendo ser comparadas com os métodos tradicionais de medidas de altura do dossel forrageiro manuais. Os dados dos sensores foram filtrados excluindo manualmente apenas os pontos extremos, maiores que a altura dos sensores até o solo e menores que zero.

Após as medidas realizadas com os sensores foi medida a altura com uso de folha plástica e bastão graduado em três pontos dentro da faixa de 0,5m medida pelos sensores. A média dos valores das medidas dos sensores foi comparada com a média das três medidas com folha plástica, para cada ponto, por meio de regressão linear simples, usando como base coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE).



Figura 1. Estrutura metálica utilizada para acoplamento dos sensores e esquematização do movimento realizado para coleta dos dados pelos sensores em uma faixa de 0,5 m sobre o dossel forrageiro. **Metallic structure used to move the sensors and scheme of collection carried out in a range of 0.5 m over the forage canopy.**

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores de regressão entre altura obtida pelos sensores e altura obtida pelo método tradicional foram próximos para os dois sensores (Figura 2), com o sonar apresentando melhores coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e menor RMSE em comparação com o sensor LiDAR. É possível observar que os sensores medem a altura em uma região inferior do dossel quando comparados com a folha plástica utilizada nas medidas pelo método tradicional. Mesmo que em medidas muito próximas.

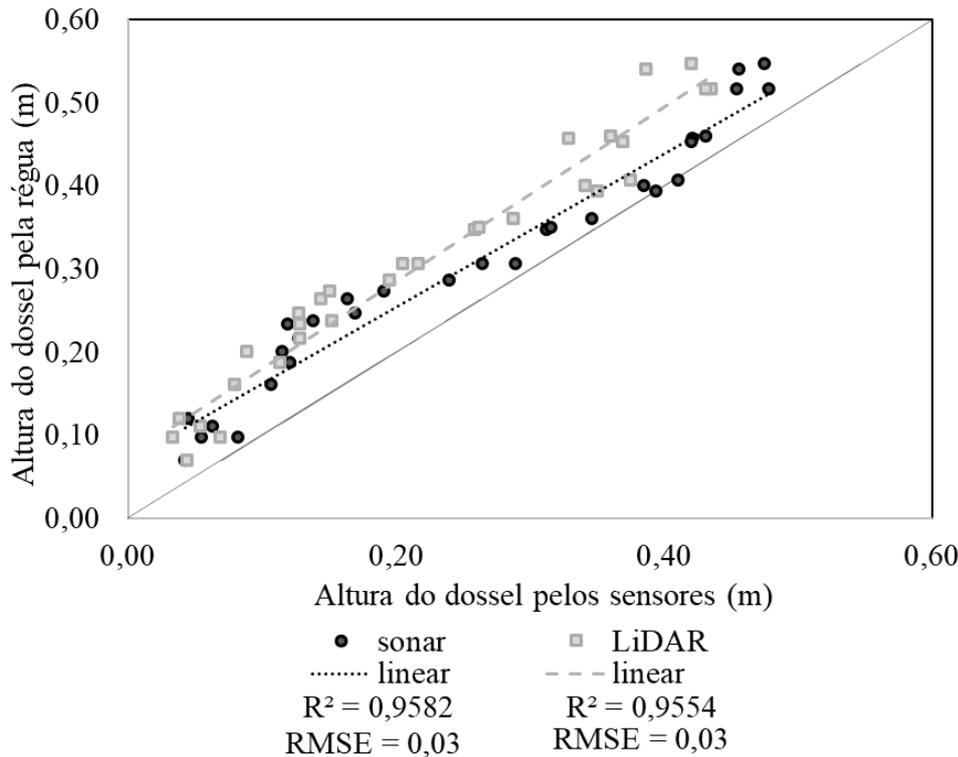


Figura 2. Regressão linear entre os valores de altura obtidos pelo método tradicional e os valores obtidos pelos sensores em pastos de capim coast-cross. **Linear regression between the height values by the traditional method and the values obtained by the sensors in coast-cross grass pastures.**

Os valores encontrados são superiores aos melhores valores observados na literatura com uso de sensoriamento proximal para estimativas de altura do dossel forrageiro. Obanawa et al. (2020) obtiveram valores de  $R^2 = 0,93$  com uso de LiDAR de varredura em pastos de azevém-italiano (*Lolium multiflorum*) no Japão, utilizando resolução espacial de 0,02 m para o modelo de cobertura de superfície e estimando a altura do dossel a partir da subtração entre o modelo de cobertura de superfície do dossel e o modelo do terreno, obtido pós corte de forragem. Grüner et al. (2019) encontraram valores de até  $R^2 = 0,84$  utilizando fotogrametria para estimativa de altura de plantas em pastos consorciados de leguminosas de clima temperado, na Alemanha.

Com isso, entende-se que o uso dos sensores pode ser indicado para a mesma finalidade de medidas tradicionais de altura do dossel, as quais se correlacionam com biomassa (Mannetje, 2000) e interceptação luminosa do dossel (Silva e Junior, 2007), fundamentais para técnicas de manejo de pastejo. Futuros estudos poderão avaliar esta metodologia em outras cultivares de plantas forrageiras tropicais, bem como para medidas em movimento.

**CONCLUSÃO:** O uso dos sensores LiDAR e Sonar em medidas de altura do dossel forrageiro a partir da média dos dados coletados em deslocamento apresentou boa correlação com medidas pelo método de folha plástica e bastão graduado, podendo assim ser utilizado para esta finalidade em pastos de capim coast cross.

#### REFERÊNCIAS

- COLAÇO, A. F., MOLIN, J. P., ROSELL-POLO, J. R., & ESCOLÀ, A. Application of light detection and ranging and ultrasonic sensors to high-throughput phenotyping and precision horticulture: current status and challenges. **Horticulture research**, v. 5, n. 1, p. 1-11, 2018.
- GRÜNER, E.; ASTOR, T.; WACHENDORF, M. Biomass prediction of heterogeneous temperate grasslands using an SfM approach based on UAV imaging. **Agronomy**, v. 9, n. 2, p. 54, 2019.
- FRICKE, T., RICHTER, F., & WACHENDORF, M. Assessment of forage mass from grassland swards by height measurement using an ultrasonic sensor. **Computers and electronics in agriculture**, v. 79, n. 2, p. 142-152, 2011.
- MANNETJE, L.T. Measuring biomass of grassland vegetation. p. 151-177. In: Mannelje, L. & Jones, R.M. (eds.) Field and laboratory methods for grassland and animal production research. 2000
- OBANAWA, H., YOSHITOSHI, R., WATANABE, N., & SAKANOUÉ, S. Portable LiDAR-Based Method for Improvement of Grass Height Measurement Accuracy: Comparison with SfM Methods. **Sensors**, v. 20, n. 17, p. 4809, 2020.
- Pedreira, C. G. S. Avanços metodológicos na avaliação de pastagens. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 100-150, 2002.
- SAFARI, H., FRICKE, T., REDDERSEN, B., MÖCKEL, T., & WACHENDORF, M. Comparing mobile and static assessment of biomass in heterogeneous grassland with a multi-sensor system. **Journal of Sensors and Sensor Systems**, v. 5, n. 2, p. 301-312, 2016.
- SILVA, S. C. DA; JÚNIOR, D. DO N. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 122-138, 2007.