



UMIDADE DO SOLO EM LAVOURAS DE CANA-DE-AÇÚCAR DETERMINADA ATRAVÉS DE RADAR TRANSPORTADO POR DRONE

Nathália Medeiros Macêdo*; Jhonnatan Alexander Yepes Guarnizo; Barbara Teruel

Resumo

No âmbito da Agricultura Digital e da modelagem de atributos dos solos, procedeu-se a determinação da umidade em plantação de cana-de-açúcar, por meio do processamento de imagens SAR adquiridas por radar embarcado em drone, visando a comparação com a umidade determinada pelo método gravimétrico.

Palavras-chave: Multi-banda, agricultura de precisão, processamento de dados SAR

Introdução

O setor sucroenergético tem na cultura da cana seu maior expoente e, portanto, a busca pelo aumento da produtividade é, mais do que nunca, uma necessidade. Para isso, a umidade do solo tem um impacto significativo dentre os fatores que contribuem para tal objetivo. Propôs-se então neste projeto a determinação desta através da interação entre solo e um Radar (SAR) de imageamento polarimétrico (PolSAR), interferométrico (InSAR) e multi-banda em um drone, veículo aéreo não tripulado (VANT).

O desenvolvimento de radares multi-banda focados na agricultura abriu uma porta para a aplicação na agricultura com a geração de mapas e informações obtidas através de radares polarimétricos em três bandas, portados em drone, sob a hipótese de que é possível substituir os métodos convencionais de medição por métodos ópticos não destrutivos. A partir dos dados gerados pelos radares o processamento através de técnicas digitais proporciona a determinação da umidade do solo, índices de produtividade (em toneladas de cana por hectare), índices de biomassa e a detecção de plantas daninhas. O conjunto de informações e mapas gerados busca fornecer ferramentas de base digital, gerando subsídios para a tomada de decisão no manejo agrícola.

O projeto de iniciação científica teve como objetivo a validação e geração de mapas georreferenciados da umidade volumétrica do solo a tomando como referência o método gravimétrico e a comparação dos dados obtidos através dos radares

Métodos e resultados

Na parcela experimental localizada na Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP (30 x 10 m) (Figura 1), coletas mensais de amostras de solo foram realizadas, bem como os voos de imageamento por drone.

A partir do método gravimétrico, foi determinada a umidade volumétrica (Θ) de cada ponto amostral e posteriormente foram extrapolados os valores, de modo que o obtido fosse representativo da região total. As médias e desvios padrão dos dados utilizados neste estudo para fins de comparação com as imagens que os representariam segundo o desempenho dos modelos utilizados para estimativa, mostram-se na Tabela 1 a seguir.

Figura 1. Área experimental.

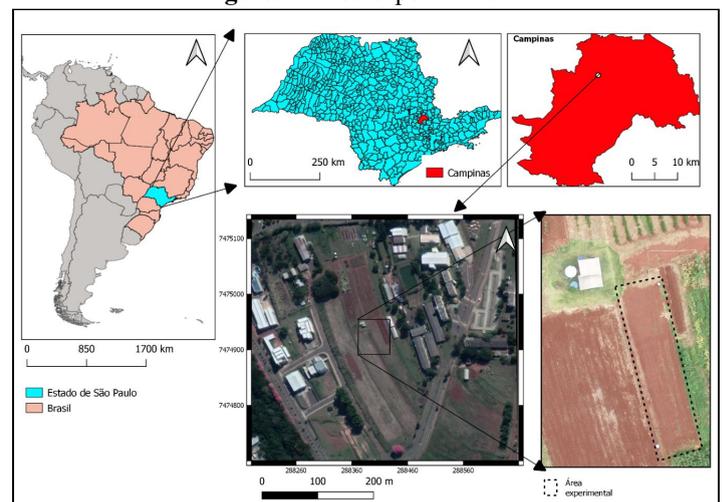


Figura 2. Materiais e métodos.



Tabela 1. Médias de umidade do solo obtidas pelo método gravimétrico em todas as datas de coleta e distintas profundidades.

	02/07/2019		17/07/2019		22/08/2019		24/10/2019	
Prof.	0 - 20 cm	20 - 40 cm						
Ø. (%)	37,15	40,33	32,14	35,29	33,55	35,20	29,11	30,20
Desvio padrão	1,85	2,30	1,79	1,70	2,32	2,90	1,66	1,79
	18/11/2019		19/12/2020		04/03/2020		12/05/2020	
Prof.	0 - 20 cm	20 - 40 cm						
Ø. (%)	31,00	35,43	34,90	-	32,78	-	20,19	-
Desvio padrão	1,06	1,55	1,48	-	2,53	-	1,31	-

Utilizando o modelo empírico adaptado de Baghdadi et al (2006), a umidade do solo foi determinada, sendo que o mesmo apresentou desempenho representado na Figura 3.

Foi obtido um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,47, e uma precisão de 3,48 vol.%, com um valor de bias de -1,30 vol.%, inferiores estatisticamente ao desempenho durante a calibração (-1,42 vol.%) do modelo, realizada anteriormente ao presente projeto.

Estabeleceu-se uma relação entre o desempenho da banda L e os mapas de umidade do solo construídos a partir do método gravimétrico (Figura 4). O mapa à esquerda representa o mapa de umidade obtido pelo método padrão e à direita está modelado com a projeção dos dados adquiridos por imagens SAR. Esses dados são referentes à experimentação do mês de agosto de 2020, e podem ser utilizados como representativos da resposta dos demais meses, entre julho e novembro, os quais apresentaram o mesmo comportamento.

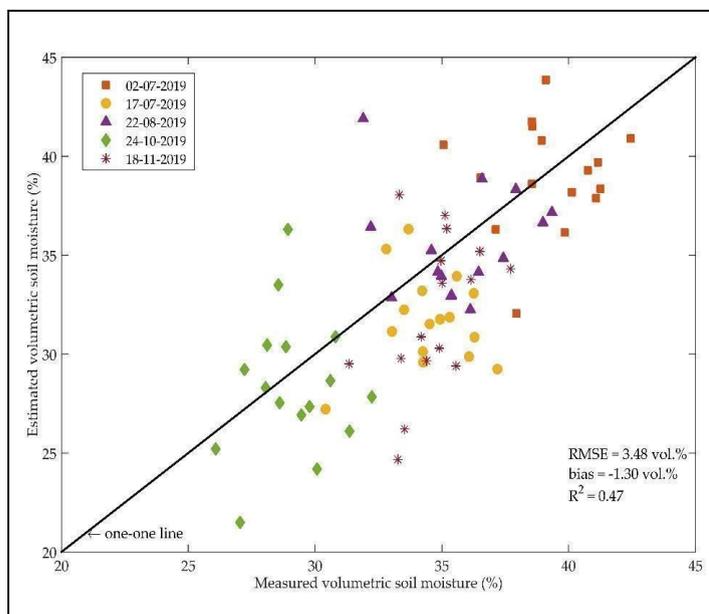


Figura 3. Desempenho do modelo para banda L durante a validação.

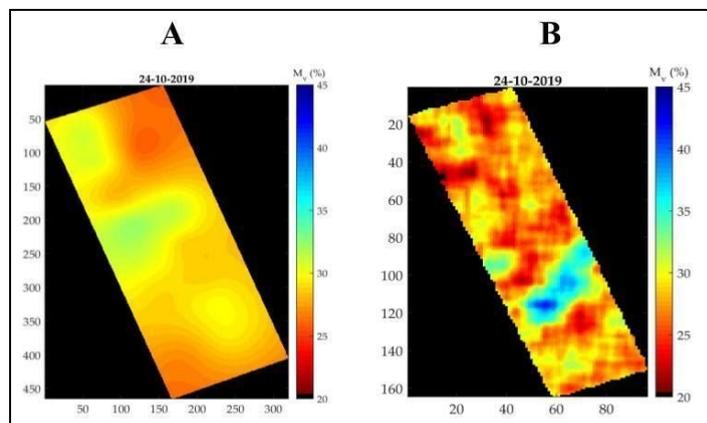


Figura 4. Comparação entre os dados obtidos pelo método padrão gravimétrico (A) e os obtidos através do processamento de imagens SAR (B).

Considerando que a partir de novembro as amostras foram coletadas apenas na camada mais superficial, de 0 a 20 cm, e comparando estes valores obtidos representados na tabela, observou-se maiores valores de desvio-padrão, entre 1,66 e 2,32, nas datas de medição de julho a outubro, em comparação com a tendência encontrada nos meses subsequentes. Essa mudança de tendência se deve à troca do sistema de irrigação de microaspersão para gotejamento, pois o último confere um caráter mais uniforme à distribuição de água. Porém, encontrou-se uma alta específica na variabilidade da medição de março, com um valor de 2,53 de desvio padrão, considerando que as demais medições para a camada de 0 a 20 cm no período de novembro a maio apresentaram desvio padrão entre 1,06 e 1,31. Essa alteração ocorreu devido ao tempo decorrido para coletar as amostras, também devido ao solo estar seco e dificultou a inserção do trado no solo, e da quantidade menor de pessoas auxiliando neste processo.

No geral, a média de 1,75 de desvio padrão encontrada nas estatísticas dos dados da Tabela 1, para todas as medições realizadas na camada superior, demonstra fraca variabilidade de umidade na área plantada e isso deveria se reproduzir na estimativa gerada pelo método de imageamento para que fosse confirmada sua validade. Porém, não é o que é apresentado na comparação dos mapas gerados.

Foi possível verificar conformidade dessa avaliação com a precisão de 47% da Figura 1, baixa quando comparada do esperado de no mínimo 70% para o desempenho do modelo, pois o mapa gerado pela modelagem dos dados SAR infere grande variabilidade de umidade na área em estudo. Apesar de o método de amostragem por pontos utilizado, implicar numa interpolação de dados que acaba por suavizar variações, a discrepância forte visualmente.

Esse desempenho ocorreu devido à diferença nos métodos de determinação, com relação a espacialidade, pois as imagens SAR são capazes de reproduzir com maior fidelidade a variação de umidade devido à composição e aquisição de dados de toda a área estudada, enquanto que a amostragem por pontos generaliza o espaço, ainda que a interpolação auxilie na uniformização. Porém, a necessidade de maiores ajustes nos modelos utilizados também se mostra ponto importante influente na incoerência dos resultados obtidos.

Os resultados de desempenho dos modelos empíricos em solo exposto (nu) e em solo com vegetação baixa (daninhas e cana de açúcar de até altura inferior a 58 cm), foram realizadas novas medições, entre dezembro e maio, para que fosse possível avaliar o desempenho em condições de vegetação mais alta, acima de 58 cm, conforme a cana de açúcar foi se desenvolvendo. As estatísticas para as novas aquisições de dados mostram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros estatísticos para comparar a sensibilidade do modelo à variação da cobertura vegetal na área experimental.

DATA	RMSE (dB)	bias
19/12/2019	2,9	-0,14
04/03/2020	3,06	-0,25
10/04/2020	3,61	-0,85
12/05/2020	4,17	-2,84

Com os valores coletados, se detectou uma redução da precisão do modelo conforme as plantas foram se desenvolvendo e ganhando estatura. Um mês antes da colheita o erro médio chegou a 4,17 dB (12,39 vol. %), e este aumento contínuo implicaria em mapas ainda mais distintos quando comparando o real dado por laboratório e os dados SAR. Essa mesma tendência de precisão, relacionada à presença e estágio de desenvolvimento da vegetação foi observada por Dubois (1995), no qual o erro encontrado foi de mesma ordem, com 4,5 dB; e por Oh et al. (1992), com erro de 4 dB.

A partir disso, infere-se que, além do modelo e os resultados obtidos estarem restritos a camadas de solo com uma profundidade maior a 20 cm, utilizando somente a camada de 0 a 20 cm, o desempenho também está influenciado pela camada de vegetação visto que a mesma interfere no quanto o sinal consegue penetrar e chegar até o solo.

Considerando estes resultados, é dedutível a utilização de equipamentos e frequências que permitam com que as ondas atravessem a camada de vegetação e cheguem ao solo seria de grande utilidade na melhoria da atuação do modelo, pois o mesmo retornaria valores de umidade com maior acurácia durante todas as fases de desenvolvimento vegetativo.

Conclusões

A precisão e concordância entre os valores de umidade do solo obtidos pelo método gravimétricos e os gerados através dos radares mostram que é viável a utilização do sistema Drone+Radar na obtenção de mapas de umidade do solo, com ressalva de melhoria do método para aumento da correlação e ampliação da aplicabilidade do mesmo.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa de Iniciação Científica à primeira autora; à Prof. Dra. Barbara Teruel e do Eng. Jhonnatan Guarnizo por todo o apoio no desenvolvimento do presente projeto.

BAGHDADI, N.; Holah, N.; Zribi, M. **Soil moisture estimation using multiincidence and multipolarization ASAR data.** Int. J. Remote Sens. 2006, 27, 1907-1920.

DUBOIS, P.C.; ZYL, J. & ENGMAN, T. **Measuring soil moisture with imaging radars.** IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 33:915-926, 1995.

OH, Y.; SARABANDI, K. & ULABY, F.T. **An empirical model and an inversion technique for radar scattering from soil surfaces.** IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., GE-30:370- 381, 1992.