

Avaliação da resistência mecânica do solo na homogeneidade de profundidade na sementeira de uma cultura de milho feita sob diferentes técnicas culturais

Evaluation of soil mechanic resistance and seed depth placement in a maize crop seed under different soil management practices

**Luís A. Conceição
Pilar B. Elorza
Ricardo Freixial
Susana Dias
Miguel Garrido
Constantino U. Valero**

Resumo

Com o objetivo de estudar a influência da resistência mecânica do solo na distribuição vertical de semente obtida por semeadores numa cultura de milho, realizou-se na campanha de 2011 um estudo de campo na região do Alentejo, sendo a operação de sementeira feita sob diferentes práticas culturais: mobilização convencional, mobilização mínima e sementeira direta. Em sementeira direta foram ainda testadas duas velocidades de trabalho, 4 km⁻¹ e 6 km⁻¹. A profundidade de sementeira foi determinada a partir da medição do comprimento do mesocótilo do milho após a emergência da cultura. A média, desvio padrão, coeficiente de variação e correlação dos valores de resistência ao rompimento do solo e profundidade de sementeira foram determinados. Os resultados demonstraram que independentemente da prática cultural utilizada se verificou uma correlação negativa entre os valores encontrados para a resistência ao rompimento do solo e os valores de profundidade de deposição da semente, sendo o valor mais acentuado na condição de sementeira direta ($r = - 0.77$) à velocidade de trabalho de 4 km⁻¹. A melhor performance de sementeira foi conseguida em sementeira direta com o aumento de velocidade de trabalho de 4 para 6 km⁻¹ com um coeficiente de variação de 10.1%. A análise de variância demonstrou haverem diferenças significativas nas profundidades de sementeira causadas pela resistência do solo e pela velocidade de trabalho do semeador de sementeira direta.

Palavras-chave: milho; sementeira direta; agricultura de precisão; semeador

Abstract

In Alentejo region, Portugal, maize crop field studies were conducted to compare the effect of different tillage systems and no tillage in seed depth placement. Seed depth placement was measured by maize mesocotyl length after crop emergence under conventional tillage (CT), minimum tillage (MT) and no-tillage conditions (NT). In no-tillage condition two work speeds, 4km⁻¹ and 6 km⁻¹, were tested. Mean, standard deviation, coefficient of variation and correlation between seed depth placement and soil resistance values were measured. Results showed that independently of the soil practice, there was a negative correlation between seed depth placement and soil mechanic resistance being the higher correlation ($r = - 0.77$) in NT condition operating at 4 kmh⁻¹. Considering the lowest coefficient of variation of seed depth placement of 10.1%, best seeder performance was achieved in NT condition increasing work speed from 4 to 6 kmh⁻¹. A double-factor ANOVA showed that the effect of soil mechanic resistance and work speed in NT caused significant differences in depth seed placement.

Keywords: maize; no-till; precision farming; planter

Introdução

Em Portugal, independentemente do destino cultural ser a produção de grão ou de silagem, a cultura de milho constitui a principal cultura de regadio com 138000ha no ano agrícola de 2011, segundo dados da ANPROMIS. Sendo tradicionalmente uma cultura arada, considerando os atuais problemas de erosão do solo e, bem como as elevadas potências instaladas nos sistemas tradicionais de mobilização do solo torna-se pertinente o estudo de sistemas alternativos de mobilização que permitam redução dos aportes energéticos à realização da cultura e contribuam de modo positivo para o ambiente. Neste sentido, na região do Alentejo, muitos são os agricultores que têm vindo a substituir as tradicionais técnicas de mobilização do solo por sistemas de mobilização de conservação recorrendo a técnicas de mobilização mínima e de sementeira direta, tanto mais que, nesta última opção torna-se possível reduzir custos e tempos de operação que permitindo a instalação de duas culturas por ano na mesma parcela (Carvalho, 1994). Atualmente a área de cereais feita em sementeira direta, segundo os últimos censo agrícolas, é de 47000 ha. Algumas dificuldades discutidas a propósito da implementação da técnica de sementeira direta, prendem-se com a heterogeneidade dos solos em regiões mediterrâneas e o facto dos semeadores deverem apresentar grande capacidade de adaptação essa heterogeneidade física para que a sua performance no que respeita à distribuição de semente não prejudique a produtividade da cultura. Considerando que a resistência de penetração de um solo no seu estado natural se traduz pela pressão exercida pelo rompimento e penetração do mesmo por um objeto rígido (Soil Survey Staff, 1993), pode esperar-se que esteja altamente correlacionada com o crescimento radicular (Carvalho, 2006), compactação do solo (Freddi *et al.*, 2009) e com a sua densidade aparente. Nestas circunstâncias, e numa cultura de milho, Laborde (2011) refere que um semeador a uma velocidade de trabalho de 5 km^{-1} deverá ser capaz de garantir uma distribuição horizontal e vertical tão homogênea quanto possível que se possa observar nos alongamentos regulares dos mesocótilos das plantas. Efetivamente a performance dos semeadores de sementeira direta está muito dependente das condições do solo, do tipo e quantidade de resíduos deixados à superfície da cultura anterior e do tipo de órgão sulcador que equipa o semeador. Tipos de órgãos sulcadores frequentemente usados em semeadores convencionais são os de bico de escarificação, *chisel*, discos simples ou duplo e T invertido (Chaudhuri, 2001). No caso de semeadores de sementeira direta, de acordo com o tipo de resíduos à superfície, os órgãos sulcadores mais comuns são do tipo bico de escarificador, disco simples ou disco duplo desfasado (Carvalho, 2001). A sua importância prende-se com a função que têm de abrir um sulco no solo que permita a deposição das sementes parcialmente cobertas por terra pelo que a maximização da produtividade da cultura passa pela homogeneidade da deposição da semente em profundidade. Isto, porque, apesar do teor de humidade do solo ter tendência para aumentar em profundidade, também aumenta a impedância do solo, o que dificulta a homogeneidade de distribuição vertical dos semeadores (Ozmerzi, 2002). Num ensaio preliminar Conceição *et al.* (2011) avaliando a necessidade de desenvolvimento de

dispositivos dinâmicos de controlo de pressão das linhas de sementeira num semeador de sementeira direta de precisão em que uma das linhas de sementeira foi equipada com um recetor de GPS, um data logger, uma célula de carga e um sensor de variação linear, demonstraram haver uma correlação moderada de r 0.4 entre a força exercida na linha e a correspondente classe de profundidades de 0 a 10mm, 10 a 20mm e de 20 a 30 mm, e, através de um SIG criados os respetivos mapas de variabilidade espacial para os dois parâmetros em estudo. No mesmo estudo, Garrido *et al.* (2011) também demonstraram haver uma correlação negativa entre os valores de resistência ao rompimento do solo medidos por um penetrómetro de cone e os respetivos valores de força na linha de sementeira, registados a partir da célula de carga que equipava o semeador. Karayel *et al.* (2008) definem que a avaliação da distribuição de um semeador se pode efetuar de acordo com um plano horizontal e um plano vertical, sendo que este segundo se prende com a deposição da semente em profundidade no solo, pelo que, a sua avaliação permite desde logo ser um dado para o maior ou menor sucesso da cultura atendendo à homogeneidade de emergências conseguidas. Liu *et al.* (2004) demonstraram haver uma correlação maior entre produtividade e uniformidade da emergência da cultura do que produtividade e espaçamento das plantas na linha. Neto *et al.* (2007) num ensaio em 38 propriedades agrícolas cuja cultura de milho era realizada em sistema de sementeira direta verificaram haver elevados coeficientes de variação da ordem dos 20% para o parâmetro profundidade de sementeira, por determinação do comprimento do mesocótilo das plantas colhidas, e concluíram ser necessário uma melhor calibração dos respetivos dispositivos de regulação nas máquinas para uma melhor performance das mesmas.

Assim, neste ensaio, considerando as metodologias mais frequentes de cultivo do milho para grão, mobilização convencional, mobilização mínima e sementeira direta, pretendeu-se avaliar o trabalho dos respetivos semeadores no que respeita à sua performance na deposição da semente em profundidade (distribuição vertical), bem como esta varia de acordo com os valores de resistência de penetração do solo.

Material e Métodos

O ensaio teve lugar entre Abril e Maio de 2011 em três propriedades agrícolas, Sociedade Agrícola do Pigeiro, Herdade da Comenda e Herdade das Lages no norte Alentejo, sendo as parcelas constituídas maioritariamente por solos do tipo fluvisolo e aluviosolo, segundo a classificação FAO, em que o cultivo de uma variedade de milho grão, ciclo FAO 500, com um peso específico de $320\text{g } 1000^{-1}$ foi feito sob diferentes práticas culturais, em sistema de mobilização convencional (MC), mobilização mínima (MM) e sementeira direta (SD), nas parcelas cujas coordenadas geográficas são $38^{\circ}36'29''$ N, $7^{\circ}23'17,01''$ W; $38^{\circ}53'37,35''$ N, $7^{\circ}02'41''$ W; $38^{\circ}38'51,25''$ N $7^{\circ}46'55'',55$ W; respetivamente.

Sendo uma zona caracterizada por um clima mediterrâneo, no período de ensaio verificaram-se temperaturas médias de 18.4°C e de precipitação de 73.5mm durante o

mês de Abril e de 21°C e de 83 mm em Maio. As análises de solo indicaram a presença de texturas franco argilosas para os solos das parcelas em que se realizou o milho em MC e MM e argilosas para a parcela em SD. No sistema de MC o solo antes da operação de sementeira foi sujeito a: uma passagem de *chísel* a cerca de 30 cm de profundidade, uma passagem cruzada de grades de discos e uma passagem com um rototerra. Em MM a preparação da cama de sementeira fez-se com uma passagem cruzada de grade de discos. À data de sementeira as percentagens de humidade do solo determinadas a 60°C eram de 14.8%, 11% e 12,5% para as parcelas em MC, MM e SD, respetivamente. Os semeadores utilizados foram em MC marca RAU modelo Maxem, em MM marca Semeato modelo SPE e em SD marca Semeato modelo SSE. Todos os semeadores têm um trem de sementeira, constituído por 4 linhas, com uma entre linha de 0.75m, órgãos sulcadores de duplo disco desfasado, roda controladora de profundidade e controlo de pressão da linha por tensão mecânica de uma mola amortecedor ajustada para 3 cm de profundidade. A densidade de plantação usada foi de 85000 plantas por hectare. As velocidades médias de operação foram de 4 km h⁻¹ em MC e MM. Em SD usaram-se duas velocidades de trabalho de 4 e 6km h⁻¹.



Fig. 1. Operações de sementeira e máquinas utilizadas em cada uma das parcelas (da esquerda para a direita): sementeira em mobilização convencional (Pigeiro), sementeira em mobilização mínima (Comenda) e sementeira direta (Lages).

A resistência do rompimento do solo à penetração foi avaliada com recurso a um penetrómetro de cone da marca Dickey John em pontos georeferenciados com um equipamento de GPS da marca Magellan modelo Mobile Mapper CX no decurso das operações de sementeira. Em cada ponto, aleatoriamente escolhido, foram retirados 3 valores à profundidade de até 5 cm. Após emergência da cultura, nos mesmos pontos georeferenciados foram colhidas 4 plantas nas quais se determinou a profundidade de sementeira pela avaliação do comprimento dos respetivos mesocótilos (figura 2).



Fig. 2. Mostrador do penetrômetro de cone para determinação da resistência mecânica do solo ao rompimento (à esquerda) e determinação da profundidade de sementeira pela avaliação do comprimento do mesocótilo de plantas de milho pós emergência.

Recorrendo ao software estatístico Statistica 6.0 (StatSoft®), para ambos os parâmetros foram determinados as médias, desvio padrão, coeficiente de variação e coeficientes de correlação. para avaliar a influencia da resistência de rompimento do solo e dos sistema de preparação do solo na profundidade de sementeira procedeu-se a uma ANOVA e à comparação de médias pelo teste de Tukey. Num SIG usando o software ArcView 9.0, por interpolação dos valores obtidos foram criados os respectivos mapas de variabilidade espacial de resistência do rompimento do solo e de profundidade de sementeira.

Resultados e discussão

A figura 3 apresenta a relação existente entre a resistência mecânica do solo e a profundidade de sementeira para os diferentes sistemas de preparação dos solos. À semelhança dos resultados obtidos por Garrido *et al.* em 2011, independentemente do sistema de preparação do solo verificou-se em todas as situações uma correlação negativa entre os parâmetros em estudo. Da mesma forma, os mapas de variabilidade espacial (figura 4) mostram que para as áreas de deposição de semente mais superfície do solo correspondem a zonas de maior resistência mecânica do solo ao rompimento indo ao encontro do defendido por Ozmerzi (2002) acerca do efeito de impedância do solo na homogeneidade de distribuição de semente em profundidade.

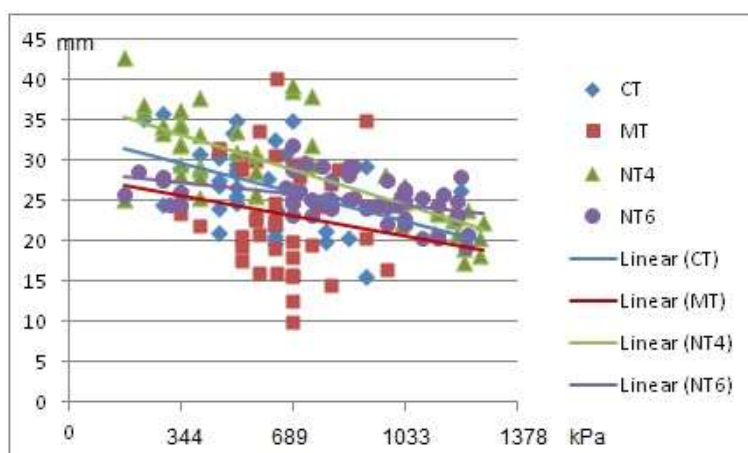


Fig. 3 Profundidade de sementeira (mm) e resistência mecânica do solo (kPa) para as diferentes práticas culturais em estudo

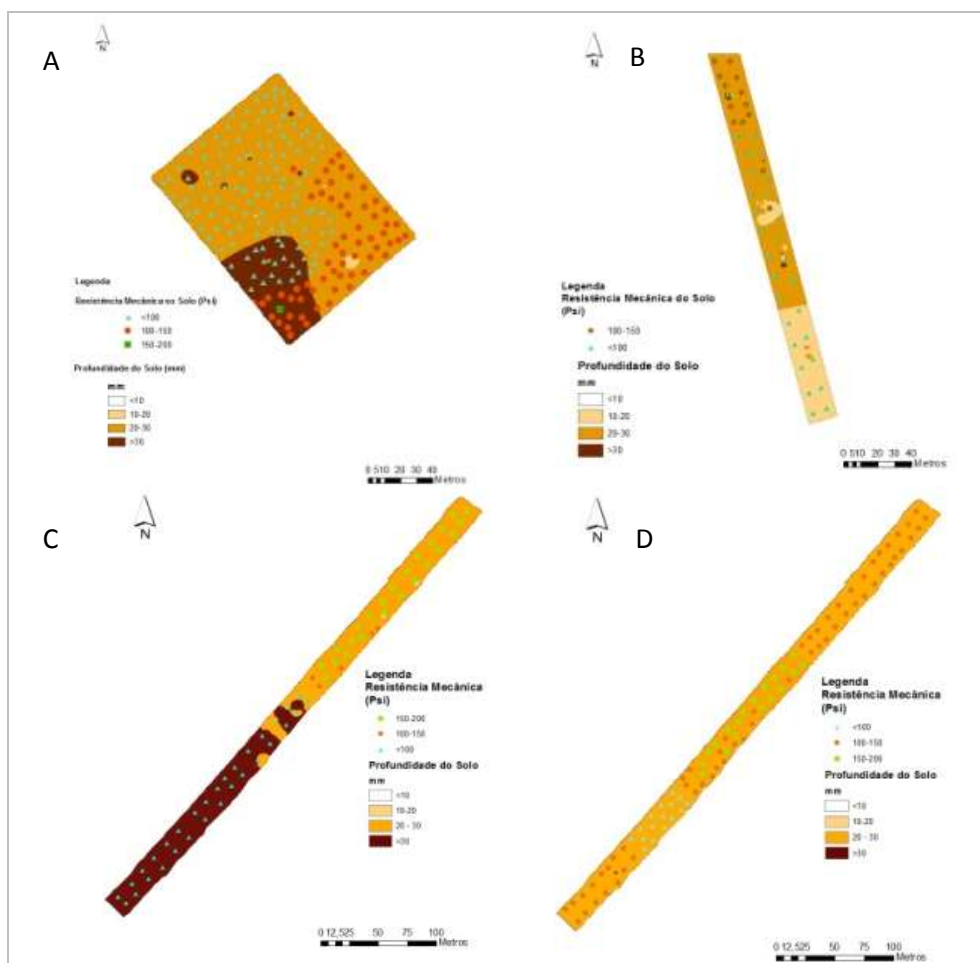


Fig.

4.

mapas de variabilidade espacial da profundidade de sementeira e resistência mecânica do solo para as diferentes práticas culturais, MC(A), MM (B), SD a 4 km h^{-1} (C) e SD a 6 km h^{-1} (D).

Comparando as classes de resistência mecânica do solo ao rompimento acima dos 1033 kPa, de 689 a 1033 kPa e abaixo dos 689 kPa, verificaram-se diferenças significativas com a profundidade de sementeira (tabela 1). Apesar de agronomicamente os valores médios de profundidade de sementeira serem admissíveis, a distribuição vertical dos semeadores foi afetada significativamente pelo sistema de preparação do solo, nomeadamente quando comparados os sistemas de MC e MM com o de SD a 4 km h^{-1} (tabela 2). A maior influência da resistência mecânica do solo manifestou-se no sistema de SD a 4 km h^{-1} dado pelo maior valor de correlação de $r = -0.77$. A melhor uniformidade de profundidade de sementeira obteve-se em SD quando a velocidade de trabalho passou de 4 para 6 km h^{-1} . Em MM o maior elevado de coeficiente de variação de 28.8 % sugere resultados idênticos aos encontrados por Neto *et al.* (2007) em que a má regulação do semeador e ou desajuste do mesmo às condições de preparação do solo parecem estar na origem de elevada irregularidade das profundidades de sementeira observadas.

Tabela 1
Influencia da resistência mecânica do solo à profundidade de sementeira

Resistencia do solo (kPa)	> 1033 n = 37	689 - 1033 n = 69	< 689 n = 88	Signf
Prof. sementeira (mm)	22.95 ± 2.54 ^a	25.19 ± 5.6 ^a	28.35 ± 5.39 ^b	***

Note: Note:*** p <0.001
médias seguidas da mesma letra não são significativas pelo teste de comparação de médias de Tukey

Tabela 2
Influencia da técnica cultural na profundidade de sementeira

MC	Ct n = 42	MT n = 40	NT 4 n = 56	NT 6 N = 56	Signf
Prof. sementeira (mm)	27.01 ± 4.74 ^{ab}	23.43 ± 6.75 ^a	28.49 ± 6.07 ^c	25.27 ± 2.56 ^{ab}	***

Note:*** p <0.001
médias seguidas da mesma letra não são significativas pelo teste de comparação de médias de Tukey

Conclusões

Com base neste estudo pode concluir-se:

- independentemente dos sistema de preparação dos solo verificou-se uma correlação negativa entre resistência mecânica do solo ao rompimento e profundidade de sementeira, sendo o valor mais elevado de $r = 0.77$ sendo que a maior influencia da preparação do solo se fez sentir na parcela em SD com o semeador a operar a 4 km h^{-1} ;
- a resistência mecânica do solo e a velocidade de trabalho causaram diferenças significativas na profundidade de sementeira;
- a melhor uniformidade de sementeira foi obtida em SD À velocidade de trabalho de 6 km h^{-1} em que o coeficiente de variação foi de 10.1%;
- pelo contrário, os maiores coeficientes de variação obtidos foram na parcela de MM sugerindo má regulação dos órgãos de pressão do semeador ou desajustamento do mesmo a um campo com mobilização do solo;
- os resultados agora obtidos, concordam com resultados anteriores em que se defende o desenvolvimento de dispositivos ativos de controlo de pressão dos órgãos controladores de profundidade dos semeadores, especialmente em sementeira direta atendendo às heterogéneas condições físicas que o solo oferece à passagem do semeador.

Referências bibliográficas

Albert Porte Laborde (2011), (personal communication). Workshop " A produção de milho em Portugal: cuidados técnicos actuais". Anpromis.

Carvalho, M. and Basch, G. (1994). Experiences with direct drilling in Portugal. In: Proceedings of the EC- Workshop- I, Giessen, 27-28 June, 1994, Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West- European countries, Wissenschaftlicher Fachverlag, Giessen, 1994, 105- 110.

Carvalho, M (2001). Manual de Divulgação Sementeira Directa e Técnicas de Mobilização Mínima. (1st ed) Direcção-Geral de Desenvolvimento Rural (DGDRural), (chapter 3).

Carvalho, G. J; Carvalho, M. P.; Freddi, O. S.; Martins, M. V. (2006). Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, p.765-771.

Chaudhuri, D. (2001). Journal of Agricultural Engineering Research, Volume 79, Issue 2, Pages 125-137.

Conceição,L.A.; Elorza, P.B; Valero,C., Izard,M., Dias,S. (2011). Direct Seed and Precision Agriculture Technologies – an environment contribute to improve efficiency and energy saving in cereal crops. Abstracts 4th International Congress on Energy and Environment Engineering and Management, pp - 122 - 124. Mérida, Spain.

Freddi, O. S.; Centurion, J. F.; Duarte, A. P.; Peres, F. S. C. (2009). Compactação do solo e produção de cultivares de milho em Latossolo Vermelho. II - Intervalo hídrico ótimo e sistema radicular. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p.805- 818.

Garrido,M.;Conceição,L.A.;Baguena,E.M.;Valero,C.;Barreiro,P.(2011). Evaluating the need for an active depth-control system for direct seeding in Portugal . Proceedings of the 8th European Conference on Precision Agriculture 11th - 14th July 2011, Czech University of Life Sciences Prague.

Karayel, D., Ozmerzi, A. (2008). Evaluation of Three Depth-Control Components on seed Placement Accuracy and Emergence for a Precision Planter. Applied Engineering in Agriculture Vol.24(3): 271-276.

Liu,W.; Tollenar, M.; Stewart, G., Deen, W., (2004). Response of Corn Grain Yield to Spatial and Temporal Variability in Emergence. Crop Science, Madison, V.44(3): 847-854.

Neto, P., Schimandei, A., Gimenez, L.,Colet, M., Garbuio, P. (2007). "\" Profundidade de Deposição de Sementes de Milho na Região dos Campos Gerais, Paraná\". Eng. Agric. Jaboticabal, Vol. 27(3): 782-786.

Ozmerzi A.; Karayel D.; Topakci M,(2002). Effect of Sowing Depth on Precision Seeder Uniformity. Biosystems Engineering 82 (2), 227–230.

Recenseamento agrícola 2009 (2011). Instituto Nacional de Estatística. ISBN 978-989-25-0108-6.

Soil Survey Staff (1993). Soil survey manual. Washington: USDASCS. U.S. Gov. Print. Office. 437p. (chapter 1).

Notas sobre os Autores

Luís Alcino Conceição

luis_conceicao@esaelvas.pt

Instituto Politécnico de Portalegre/Escola Superior Agrária de Elvas

Professor Adjunto do departamento de Agricultura e Recursos Naturais

Pilar Elorza Barreiro

pilar.barreiro@upm.es

Universidade Politécnica de Madrid

Professora Catedrática do departamento de Engenharia Rural da Escola de Engenheiros Agrónomos

Ricardo Freixial

rmc@uevora.pt

Universidade de Évora

Professor Auxiliar do departamento de Fitotecnia da Escola de Ciências e Tecnologia

Susana Dias

sdias@esaelvas.pt

Instituto Politécnico de Portalegre/Escola Superior Agrária de Elvas

Professora Adjunto equip. do departamento de Agricultura e Recursos Naturais

Miguel Izard

miguel.garrido.izard@upm.es

Universidade Politécnica de Madrid

Investigador bolseiro do Laboratório de Propriedade Físicas -Tagralia da UPM

Constantino Valero

constantino.valero@upm.es

Universidade Politécnica de Madrid

Professor Titular do departamento de Engenharia Rural da Escola de Engenheiros Agrónomos

Agradecimentos

Os autores agradecem a disponibilidade dada pelos proprietários das herdades onde se realizaram os ensaios, engenheiro António Perdigão (herdade das Lages), engenheiro Luís Bulhão Martins (Soc. Agrícola do Pigeiro) e engenheiro Nuno Riscado (responsável técnico da herdade da Comenda da Direção Regional de Agricultura do Alentejo) bem como à colaboração do engenheiro Rui Amante na logística e conhecimentos transmitidos.