

Comportamento da cultura do feijoeiro frente a fatores hídricos-mecânicos mitigadores da compactação do solo

Gelain, N. S.¹; Reinert, D. J.²; Reichert, J. M.³; Gubiani, P. I.⁴; Vieira, D. A.⁵

¹Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (UFSM), CEP 97105900, e-mail: neivaengenheira@gmail.com (Apresentadora); ²UFSM, e-mail: dalvanreinert@gmail.com; ³UFSM, e-mail: reichert@smail.ufsm.br; ⁴UFSM, e-mail: paulogubiani@gmail.com; ⁵UFSM, e-mail: agronomo.davi@gmail.com

Introdução

O feijão é um dos alimentos mais consumidos no Brasil, cuja estimativa de consumo é de 16 kg/habitante/ano (EMBRAPA, 2006), o que desperta grande interesse no estudo da cultura. A cultura do feijoeiro é bastante influenciada pelo excesso ou pela falta de água, sendo o período de floração e formação de vagens o momento de maior consumo (NÓBREGA et al, 2001).

Os diferentes sistemas de manejo provocam alterações na quantidade de água disponível para as culturas e modificam propriedades físicas relacionadas com o crescimento, como porosidade, densidade e resistência à penetração de raízes. Em solos compactados, a escarificação pode reduzir a densidade do solo e aumentar a taxa de infiltração de água (CAMARA E KLEIN, 2005). O uso periódico de escarificadores e subsoladores foi sugerido por Richart et al. (2005) em situações de solo com problemas de compactação, em sistema de plantio direto. Collares et al (2006) verificaram que a resistência à penetração foi um fator que influenciou a produtividade do feijoeiro e a escarificação promoveu diminuição desse efeito.

Vários trabalhos investigaram o efeito da compactação sobre parâmetros de crescimento ou rendimento na cultura do feijoeiro, utilizando indicadores como intervalo hídrico ótimo ou densidade do solo, resistência à penetração e porosidade (SILVA, 2003; STRECK, 2002; COLLARES, 2005). No entanto, há pouca informação sobre o comportamento da cultura em situações de solo com diferentes níveis de compactação associados ao fator irrigação.

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar a resposta do feijoeiro a dois níveis de irrigação, em diferentes níveis de compactação do solo, medida pelo comportamento do índice de área foliar, da população de plantas e do rendimento do feijoeiro.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 2006). O clima da região é caracterizado como Cfa (subtropical úmido sem estiagens) de acordo com a classificação de Köppen, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e a do mês

mais frio entre -3 °C e 18 °C (MORENO, 1961).

Os tratamentos constaram de dois níveis de irrigação, irrigado por aspersão e não irrigado, e três níveis de compactação definidos em relação à condição atual da área, cultivada sob plantio direto consolidado: (i) plantio direto (PD), (ii) plantio direto com compactação adicional (PDC) e (iii) plantio direto escarificado (ESC). Os tratamentos foram dispostos num esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os níveis de irrigação e nas subparcelas os níveis de compactação, no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A escarificação foi realizada até uma profundidade de 0,25 m e a compactação adicional foi aplicada por uma série de passadas de um trator MF 275, ao qual foi acoplada uma grade aradora para aumentar a carga sobre o solo.

A sementeira do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar BRS Valente, foi realizada no dia 30 de janeiro de 2008 (safrinha), numa densidade de 280000 sementes ha⁻¹. As sementes foram distribuídas manualmente em sulcos espaçados 0,45m, previamente formados por uma semeadora. Quanto aos aspectos de nutrição, controle de pragas, plantas daninhas e doenças, a cultura foi adequadamente conduzida de acordo com as indicações técnicas.

No período inicial, foram feitas duas irrigações de 7 mm, aos três e aos nove dias após a sementeira (DAS) para garantir adequada emergência e estabelecimento normal da cultura. Aos 25 DAS, a irrigação passou a ser aplicada somente nos tratamentos irrigados, sempre que a umidade do solo diminuía para valores em torno de 75 % da capacidade de campo. Foram feitas 12 irrigações, totalizando uma lâmina acumulada de 128 mm. O monitoramento da umidade do solo foi feito a partir da sementeira até os 56 DAS, nas camadas de 0-0,1; 0,15-0,25; 0,3-0,45 m por meio de TDR Trase.

Na oportunidade da instalação das sondas do TDR, foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada em anéis metálicos de 0,06 m de diâmetro por 0,05 m de altura nas camadas de 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,4 m. A partir dessas amostras foram calculadas a porosidade total, macro, microporosidade e densidade do solo, conforme descrito em Embrapa (1997).

O índice de área foliar (IAF) foi calculado a partir da área foliar estimada por uma equação linear ($y=1,86x-4,23$; $r^2=0,98$) obtida por análise de regressão entre a área foliar real de 20 trifólios de diferentes tamanhos (variável dependente) e o produto do comprimento pela largura do folíolo central do trifólio (variável independente). A área foliar foi determinada aos 21, 27, 38 e 56 DAS, por meio da medida do comprimento e da máxima largura do folíolo central, de todos os trifólios de três plantas aleatoriamente escolhidas em cada subparcela. A partir da área foliar estimada e da área superficial de solo ocupada pela planta, foi calculado o IAF.

A população de plantas foi medida aos 13 e 36 DAS, por contagem do total de plantas de uma linha escolhida aleatoriamente em cada subparcela. Tanto a primeira quanto a segunda contagem foram feitas sobre a mesma linha. O número de plantas por metro linear foi convertido e expresso em plantas por hectare.

O rendimento de grãos foi medido por ocasião da colheita das plantas das cinco linhas centrais da subparcela. As duas linhas laterais e uma faixa de 0,5 m de cada extremidades da subparcela foram

descartadas para minimizar um possível efeito interparcelar, restando uma área útil de 9 m². Os grãos foram secos e a umidade foi ajustada para 13 % em base de massa. A quantidade de grãos colhida em cada subparcela foi convertida em kg ha⁻¹.

Resultados e Discussão

Em todas as camadas, as maiores densidades do solo foram observadas no tratamento PDC, enquanto que no ESC foram obtidas as maiores porosidade total e macroporosidade (Tabela 1). A análise da variância a 5% apresentou diferença significativa apenas na camada de 0-0,1 m.

Baseado nos valores de densidade do solo das camadas de 0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m (1,77, 1,71 e 1,70 g cm⁻³, respectivamente) do PDC (Tabela 1), verifica-se que o estado de compactação é elevado, considerando como referência os valores críticos de densidade do solo sugeridos por Reichert et al. (2008). De acordo com a relação da densidade crítica com o teor de argila do solo apresentada pelos autores, para solos com 20 % de argila ou menos os valores críticos de densidade do solo são iguais ou maiores que 1,64 e 1,72 g cm⁻³, quando considerados, respectivamente, critérios fisiológicos ou a partir do intervalo hídrico ótimo igual a zero. Parece claro que um solo que apresente estado de compactação semelhante ao do PDC deve sofrer alguma medida imediata de alívio da compactação, caso contrário a produção estaria comprometida. Em relação ao PD, os valores de densidade do solo das camadas de 0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m (1,69, 1,69 e 1,68 g cm⁻³, respectivamente), dependendo do critério utilizado podem ser considerados inferiores ou superiores aos limites críticos (REICHERT et al., 2007).

Tabela 1. Densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade em diferentes níveis de compactação e camadas do solo.

Camadas (m)	Manejo			CV (%)
	ESC	PD	PDC	
	Densidade do solo (g cm ⁻³)			
0,0- 0,1	1,57 b	1,69 a	1,77 a	2,6
0,1-0,2	1,64 a	1,69 a	1,71 a	2,8
0,2-0,4	1,66 a	1,68 a	1,70 a	2,4
	Porosidade total (cm ³ cm ⁻³)			
0,0- 0,1	0,39 a	0,34 b	0,31 b	4,9
0,1-0,2	0,36 a	0,34 a	0,34 a	5,4
0,2-0,4	0,35 a	0,33 a	0,34 a	4,3
	Macroporosidade (cm ³ cm ⁻³)			
0,0- 0,1	0,12 a	0,08 ab	0,04 b	26,2
0,1-0,2	0,12 a	0,09 a	0,08 a	23,2
0,2-0,4	0,11 a	0,08 a	0,09 a	17,9
	Microporosidade (cm ³ cm ⁻³)			
0,0- 0,1	0,28 a	0,26 a	0,27 a	3,8
0,1-0,2	0,24 a	0,25 a	0,25 a	3,0
0,2-0,4	0,25 a	0,25 a	0,25 a	1,7

Médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O efeito do PDC sobre a densidade do solo e macroporosidade também foi mais perceptível na primeira camada. A macroporosidade da camada de 0-0,1 no PDC foi reduzida para 0,04 ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), bem abaixo do valor mínimo de 0,10 ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), considerado adequado para que haja crescimento satisfatório de plantas, segundo Vomocil & Flocker (1966) apud Richart et al. (2005).

A população de plantas aos 13 e 36 DAS não diferiu estatisticamente entre os níveis de compactação (Figura 1a). Aos 36 DAS a população média de plantas no ESC, PD e PDC foi, respectivamente de 181.667, 197.778, 184.444 pl ha^{-1} , um pouco abaixo do indicado (200.000 a 250.000 pl ha^{-1}) pela pesquisa (COMISSÃO, 2003). Embora não significativo, houve uma tendência de melhor estabelecimento e desenvolvimento inicial da cultura no PD.

Para o IAF não houve interação significativa entre níveis de compactação e irrigação, nem diferença significativa para níveis de irrigação em todas as medições, possivelmente devido à variabilidade dos dados (CV entre 19,3 a 22,3). Os tratamentos ESC e PD apresentaram as maiores médias de IAF (Figura 1) e diferiram do PDC pelo teste de Tukey a 5 %, em todas as épocas. As diferenças mais marcantes ocorreram a partir dos 38 DAS, coincidindo com o estágio de pré-floração. O tratamento ESC não irrigado mostrou maior sensibilidade ao estresse hídrico ou dependência da irrigação, indicado pelo menor incremento no IAF dos 38 aos 56 DAS (Figura 1b).

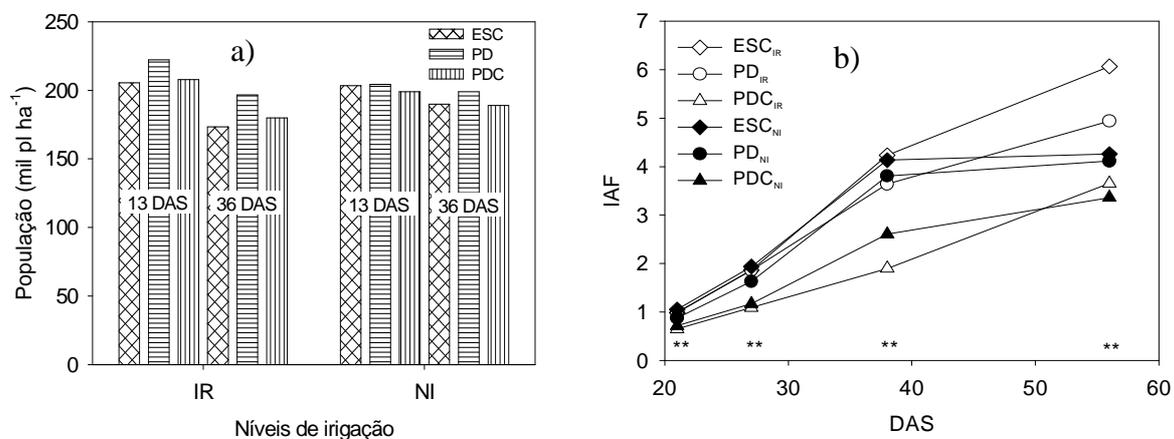


Figura 1. População de plantas aos 13 e 36 DAS (a) e índice de área foliar (b), da cultura do feijoeiro, em diferentes níveis de compactação, com (IR) e sem (NI) irrigação. ** Significativo para níveis de compactação a 0,05 de probabilidade de erro.

Em relação ao rendimento de grãos, não houve interação significativa entre níveis de compactação e irrigação a 0,05 de probabilidade de erro. No entanto, verifica-se que há comportamento distinto do rendimento de grãos nos níveis de compactação ESC e PD que possivelmente possa ter importância biológica e, sobretudo, econômica do ponto de vista do manejo da irrigação. Em relação aos níveis de irrigação, houve diferença significativa (Figura 2a), sendo a maior

média (3.106 kg kg ha⁻¹) obtida com irrigação e a menor (2.128 kg ha⁻¹) sem irrigação. Os níveis de compactação também diferiram significativamente, sendo que o ESC e o PD apresentaram as maiores médias (2807 e 2791 kg ha⁻¹, respectivamente) e diferiram do PDC (2254 kg ha⁻¹), pelo teste de Tukey a 0,05.

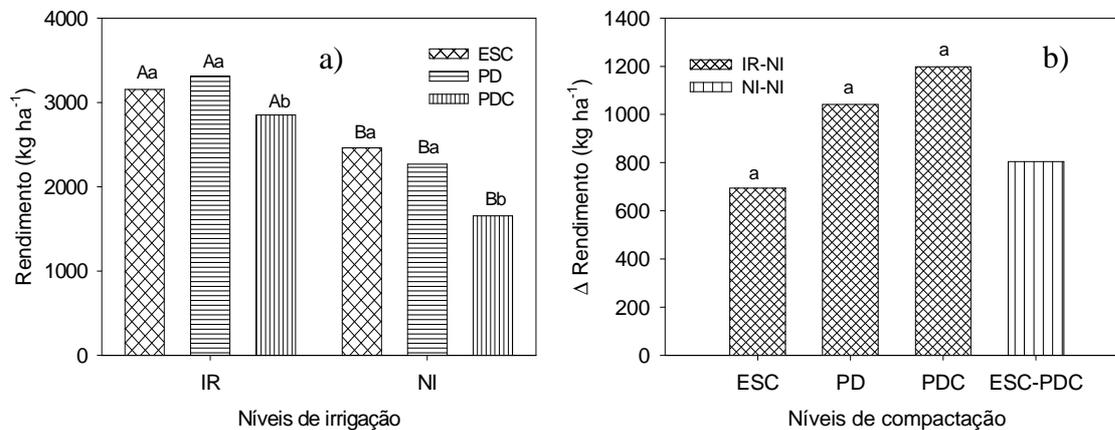


Figura 2. Rendimento de grão da cultura do feijoeiro em diferentes níveis de compactação (a), com (IR) e sem (NI) irrigação, e incrementos médios de rendimento (Δ rendimento), obtidos com a irrigação (▨) e pela diferença ESC-PDC não irrigados (▤) (b). Médias com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade de erro.

Observa-se que o rendimento de grãos no PDC sem irrigação foi bem inferior aos melhores rendimentos obtidos nesse experimento. Da mesma forma, o IAF foi sensivelmente afetado. Isso comprova que o estado de compactação que se encontrava o solo afetou drasticamente o desempenho da cultura, quando não foram tomadas medidas mitigadoras da compactação (mobilização do solo ou irrigação).

Pela análise dos incrementos médios de rendimento obtidos com a irrigação (Δ rendimento), observa-se que o efeito da irrigação é mais pronunciado nos maiores níveis de compactação (Figura 2b). Embora não significativo a 0,05 de probabilidade de erro e significativo a 0,10, percebe-se que as diferenças são importantes do ponto de vista de rendimento de grãos. Esses resultados estão de acordo com a afirmação (RUBIN et al., 2002; SANTI et al., 2003; MENDES et al., 2007) de que os efeitos da compactação são percebidos de forma mais clara em períodos de déficit hídrico. Outra observação importante na análise do Δ rendimento e tomando como referência o rendimento no PDC sem irrigação, é que a inclusão da irrigação proporcionou um incremento de 1.200 kg ha⁻¹, enquanto que a escarificação sem irrigação proporcionou um incremento de 804 kg ha⁻¹. Diante disso, a escarificação pode ser uma alternativa imediata para solucionar problemas de baixo rendimento das culturas, ocasionado por compactação do solo.

Conclusões

O comportamento do índice de área foliar indicou maior dependência da cultura ao fornecimento de água no tratamento onde o solo teve maior porosidade, principalmente macroporosidade. Dessa forma, embora a mobilização do solo aumente a porosidade total e a macroporosidade e diminua a densidade do solo, o que favorece o crescimento radicular, a cultura pode sofrer mais a falta de água, nessa condição de solo, em períodos mais longos de estresse hídrico.

O efeito da irrigação sobre o rendimento de grãos evidenciou que a compactação do solo, mesmo quando claramente presente, pode passar despercebida quando não há déficit hídrico no solo.

Literatura Citada

- CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:789-796, 2005.
- COLLARES, G. L. **Compactação em Latossolos e Argissolo e Relação com Parâmetros de Solo e de Plantas**. Santa Maria, R.S. 107p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo - processos Físicos e Morfogenéticos do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num argissolo. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.41, n.11, p.1663-1674, 2006.
- COMISSÃO Estadual de Pesquisa de Feijão: **Indicações técnicas para a cultura do feijão no Rio Grande do Sul 2003/04**. Passo Fundo: UPF, 2003. 149p.
- EMBRAPA/CNPS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2006, 306.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 212 p. 1997.
- MENDES, R. M. de S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA'S, J. B.; NOGUEIRA, R. J.M. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v. 8, n. 1, p.95-103. 2007.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.
- NÓBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO, N. E. M. & FILHO, J. F. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **R. Bras. Eng. Agr. Ambiental**, 5: 437-443, 2001.
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A.; RICHART, A.; Filho, J.T.; Brito O.R.; Llanillo R.F. & Ferreira, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Ciências Agrárias**, 26: 321-344, 2005.
- RUBIN, R. B.; CARLESSO, R.; SPOHR, R. B. **Crescimento de Plantas de Feijão Irrigado Cultivado nos Sistemas de Plantio Direto e Convencional**. XIV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2002.
- SANTI, G. R.; COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KUNZ, M.; KAISER, D.R. **Crescimento e Produtividade do Feijoeiro Submetido à Compactação Residual e Imediata**. XXIX CBCS Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2003.
- SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, v. 5, 2007.
- SILVA, V.R. da. **Propriedades Físicas e Hídricas em solos sob diferentes níveis de compactação**. 2003. 171f. Tese (Doutorado em Agronomia - Biodinâmica do solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- STRECK, C.A. **Compactação do solo e seus efeitos no desenvolvimento radicular da cultura do feijoeiro e da soja**. 2003. 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Biodinâmica de Solos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.