

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE VAGENS DO FEIJOEIRO EM DIFERENTES GRAUS DE COMPACTAÇÃO E CLASSES DE SOLOS¹

VANDEIR GREGÓRIO ALVES²
MESSIAS JOSÉ BASTOS DE ANDRADE³
JOÃO BATISTA DONIZETI CORRÊA⁴
AUGUSTO RAMALHO DE MORAES⁵
MARCELO VIEIRA DA SILVA²

RESUMO – As operações do preparo convencional do solo podem criar uma camada subsuperficial compactada que influencia negativamente o desenvolvimento do feijoeiro. Com este trabalho, objetiva-se avaliar em três classes de solos, o crescimento da parte aérea e radicular, bem como a produção de vagens de duas cultivares de feijoeiro em diferentes graus de compactação. Foram conduzidos dois experimentos em casa-de-vegetação na Universidade Federal de Lavras, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições e esquema fatorial 3x5x2 envolvendo três solos (Latossolo Vermelho-Amarelo,

textura média-LVm; Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa-LVr, e Latossolo Roxo muito argiloso-LRr), cinco graus de compactação (50%, 62,5%, 75%, 87,5% e 100%) e duas cultivares de feijoeiro (Aporé e Pérola). Foram cultivadas duas plantas por vaso, colhidas no fim da maturação fisiológica, determinando-se a massa seca de raízes (0-8cm, 8-18cm e 18-23cm de profundidade), massa seca da parte aérea e número de vagens por vaso. Os crescentes graus de compactação subsuperficial do solo (camada de 8-18cm) reduziram o crescimento da parte aérea e do sistema radicular do feijoeiro, resultando em redução linear do número de vagens.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Compactação, sistema radicular, parte aérea, *Phaseolus vulgaris* L

GROWTH AND PRODUCTION OF BEANS OF THE BEAN PLANT IN DIFFERENT DEGREES OF COMPACTION AND CLASSES OF SOILS

ABSTRACT – The conventional tillage of the soil can create a compacted sub superficial layer that negatively influences the development of the bean plant. The objective of this work was to evaluate, in three classes of soils, the growth of the aerial part and roots, as well as, the pod production of two common beans cultivars in different compaction degrees. Two experiments were carried out in greenhouse at the Universidade Federal de Lavras, in an entirely randomized experimental design with four replications and factorial arrangement involving three types soils (sandy Red yellow Latossol

– LVm, clay Red yellow Latossol – LVr and high clay Dusky Red Latossol – LRr), five soil compactation levels (50%, 62.5%, 75%, 87.5% and 100%) and two bean cultivars (Aporé and Pérola). Two bean plants per pot were cultivated and harvested at phisiological maturity, evaluating the root dry weight (at 0-8cm, 8-18cm and 18-23cm depht), the aerial part dry weight and the number of pods per pot. The crescent compactation degrees, at the depth 8 to 18 cm, decreased the growth of the aerial part and root system resulting in a linear reduction of the number of pods.

INDEX TERMS: Compaction, roots, aerial part, *Phaseolus vulgaris* L

1. Projeto financiado pela FAPEMIG.

2. Acadêmico de Agronomia, bolsista de Iniciação Científica do CNPq. UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA), Departamento de Agricultura, Caixa Postal 37, 37200.000 – Lavras, MG.

3. Engenheiro Agrônomo, DSc., Professor do DAG/UFLA, bolsista do CNPq.

4. Engenheiro Agrônomo, DSc., Professor do DAG/UFLA.
5. Engenheiro Agrônomo, DSc., Professor do DEX/UFLA.

INTRODUÇÃO

Um dos objetivos do preparo do solo é melhorar as suas condições físicas, visando ao tamanho e número de poros adequados à emergência e crescimento das culturas (Negi *et al.*, 1990). Entretanto, quando realizado com excesso de operações, o preparo convencional pode afetar negativamente a agregação ou estabilidade de agregados na superfície do solo (Eltz *et al.*, 1989; Carpenedo & Mielniczuk, 1990), em função da redução da porcentagem de agregados de maior tamanho (Sidiras *et al.*, 1982). Os fragmentos pequenos e a argila dispersos em água obstruem os poros, reduzindo os macroporos e a porosidade total, e o resultado é o adensamento ou compactação da camada subsuperficial do solo (Sidiras *et al.*, 1982), o que geralmente é agravado pelo preparo com o uso contínuo do mesmo implemento, sempre à mesma profundidade. Nessa condição, ocorre redução ou mesmo impedimento do desenvolvimento das raízes (Day & Holmgren, 1952; Castilho *et al.*, 1982), o que se reflete em pequeno desenvolvimento, baixa produtividade e resposta insuficiente das culturas à adubação mineral (Primavesi, 1986).

Embora em condições muito favoráveis as raízes do feijoeiro podem alcançar mais de um metro de profundidade, Inforzato & Miyasaka (1963) citam que a maior porcentagem das raízes está localizada próxima à superfície do solo (mais de 95% das raízes até a profundidade de 20 cm), com profundidade máxima de 90 cm. Com o uso de irrigação, a distribuição parece se modificar, com 62% nos primeiros 10 cm e o restante até 70 cm de profundidade (Inforzato *et al.*, 1964). Andrade & Ramalho (1995) relatam que, em geral, 75 a 87% das raízes situam-se até a profundidade de 20 cm e também caracterizam o feijoeiro como uma espécie muito sensível à falta de água no solo.

Embora um sistema radicular tão limitado como o do feijoeiro possa variar consideravelmente com as propriedades do solo influenciadas pelo manejo, conforme afirma Ospina (1981), a literatura é bastante escassa sobre experiências que relacionam a qualidade da camada mobilizada ao desenvolvimento radicular. Um trabalho nessa linha de pesquisa é o de Pollack & Manalo (1969), no qual plântulas de feijão desenvolvidas em areia grossa foram 24% mais pesadas que plântulas que se desenvolveram em areia fina. Da mesma forma, Ohu *et al.* (1985) verificaram que, na presença de camadas compactadas, ocorriam reduções

na produção de matéria seca das raízes na altura das plantas e na produtividade do feijoeiro.

Resultados experimentais sobre o enraizamento e produção do feijoeiro em função do método de preparo do solo ainda são raros e pouco conclusivos. Kluthcouski *et al.* (1987, 1988), por exemplo, conseguiram aumento de 43% na produção do feijão quando acrescentaram uma aração profunda ao preparo realizado superficialmente com grade pesada, concordando com Camp *et al.* (1984), que verificaram que o preparo profundo aumenta o enraizamento em solos onde há camada compactada. Sampaio *et al.* (1989) e Siqueira (1989) também comprovaram a eficiência do emprego da aração com arado de aiveca ou de disco, após a grade pesada, sobre o rendimento do milho e do feijão das águas. Contrastando com esses resultados, existem outros também, nos quais o método de preparo não afetou significativamente o rendimento do feijoeiro (Mullins *et al.*, 1980; Silva, 1992; Silveira *et al.*, 1994).

Diante do exposto, pode-se constatar que os resultados disponíveis sobre o desenvolvimento radicular do feijoeiro em função da compactação do solo ainda não são consistentes, havendo necessidade de uma melhor sistematização do conhecimento, até mesmo para subsidiar a implantação de novos projetos de pesquisa que envolvam o preparo do solo para a cultura.

Com este trabalho objetivou-se avaliar, em três classes de solo, o crescimento da parte aérea e do sistema radicular, bem como a produção de vagens de duas cultivares de feijoeiro em diferentes graus de compactação.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo constou de dois experimentos conduzidos em condições de casa-de-vegetação, no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, sendo o primeiro conduzido no período de maio a agosto de 1997 e o segundo, de setembro a dezembro de 1997. Em ambos, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e esquema fatorial 3x5x2, envolvendo três classes de solos, cinco graus de compactação e duas cultivares de feijoeiro.

Foram utilizadas amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média (LVm), coletadas no município de Itumirim-MG, e de um Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso (LVr) e um Latossolo Roxo muito argiloso (LRr), coletadas no município de Lavras-MG

(Tabela 1). As amostras coletadas em cada classe de solo foram divididas em subamostras de 50 kg, as quais receberam calagem constituída pela mistura $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ na relação estequiométrica de 4:1, em dose necessária para elevar a saturação por bases do solo a 65%. Após a calagem, as amostras ficaram incubadas por 60 dias, mantendo-se cada classe de solo com aproximadamente 80% da umidade correspondente à capacidade de campo. Após a incubação, as amostras foram novamente secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneiras de 5,0 mm.

Em seguida, os solos receberam a adubação mineral. No primeiro ensaio esta adubação consistiu de

300 ppm de P [$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ p. a.], 100ppm de N (NH_4NO_3 p.a.), 100ppm de K (KCl p.a.), 120ppm de S ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ p.a.), 8,25ppm de Zn ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ p.a.), 1,65ppm de B (H_3BO_3 p.a.), 0,825 ppm de Cu (CuSO_4 p.a.) e 0,33ppm de Mo (MoO_3 p.a.). Posteriormente, foram aplicados 230 ppm de N (uréia) e 65 ppm de K (cloreto de potássio), divididos em duas coberturas, aos 15 e 25 dias após semeadura. No segundo ensaio foi empregada a mesma adubação do primeiro, alterando apenas as fontes de P, N, K e Mo (utilizaram-se superfosfato simples, uréia, cloreto de potássio e molibdato de amônio, respectivamente).

TABELA 1 – Resultados de análises química e granulométricas de amostras dos solos utilizados.*

Característica	Solos		
	LVm	LVr	LRr
PH em água	5.2 AcM	4.8 AcE	4.2 AcE
P($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)	1 B	1 B	2 B
K($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)	31 M	28 B	33 M
Ca($\text{mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$)	4 B	11 B	4 B
Mg($\text{mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$)	2 B	3 B	2 B
Zinco($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)	0.4	0.8	1.2
Enxofre($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)	1.3	2.5	5.2
Boro($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)	0.16	0.19	0.16
Al($\text{mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$)	2 B	4 M	19 A
H + Al($\text{mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$)	21 B	63 A	205 A
S($\text{mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$)	7 B	15 B	7 B
t($\text{mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$)	9 B	19 B	26 M
T($\text{mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$)	28 B	78 M	212 A
m(%)	23 M	21 M	74 MA
V(%)	24 MB	19 MB	3 MB
Carbono(%)	0.5 B	1.2 M	3.6 A
M. O.(%)	0.8 B	2.1 M	6.1
Areia(%)	69	47	17
Limo(%)	9	11	13
Argila(%)	22	42	70

***Análises realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo da UFPA e interpretações de acordo com Comissão... (1989). AcM = acidez média, AcE = acidez elevada, A= alto teor, M = médio teor e B = baixo teor.**

Cada unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade de 3,98 dm³, construído pela sobreposição de três anéis de PVC de 15 cm de diâmetro. O anel superior tinha altura de 10 cm (2 cm superiores livres, sem solo, destinados à irrigação), o intermediário tinha também 10 cm, e o anel inferior, 5 cm de altura. Os anéis foram unidos por fita adesiva (PVC) e o vaso, assim constituído, foi montado sobre uma placa de isopor.

Os cinco graus de compactação foram equivalentes a 50%, 65%, 75%, 87,5% e 100% da densidade máxima atingida pelos solos na curva obtida com o "Proctor Normal", conforme Dias Junior (1996). As densidades correspondentes aos graus de compactação foram, respectivamente, 1,06; 1,33; 1,59; 1,86 e 2,12 g/cm³ no LVm; 0,97; 1,21; 1,46; 1,70 e 1,94 g/cm³ no LVr e 0,94; 1,17; 1,40; 1,64 e 1,87 g/cm³ no LRr. Em seguida, foram calculados o peso de solo seco e a umidade necessária à obtenção de cada nível de compactação, para cada classe de solo. Esses graus de compactação foram aplicados apenas no anel central de cada vaso durante a sua construção. Os anéis superior (0 – 8 cm) e inferior (18 – 23 cm) de cada vaso foram preenchidos com o volume de solo necessário para atingir o primeiro grau de compactação de cada classe de solo. Durante a compactação, além do compactador manual, foi utilizada uma braçadeira de ferro fundido para proteger os anéis de PVC, evitando rachaduras nos mesmos.

As cultivares utilizadas, Pérola e Aporé, ambas de grão tipo carioca, são recomendadas para o Estado de Minas Gerais. A 'Pérola' possui hábito de crescimento II / III (semi-ereto a prostrado), ciclo normal e resistência à mancha-angular, ferrugem e mosaico-comum. A 'Aporé' tem hábito de crescimento III (prostrado), ciclo normal e resistência à antracnose, ferrugem, mancha-angular e mosaico-comum (EMBRAPA, 1998).

Em cada vaso foram semeadas cinco sementes e, aos 8 dias após a emergência (DAE), foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso. Os vasos foram irrigados diariamente, procurando manter a umidade dos solos próxima aos 60% da porosidade total (Freire *et al.*, 1980).

As duas plantas de cada vaso foram colhidas por ocasião do final da maturação fisiológica, avaliando-se, nos dois ensaios, a massa seca de raízes por profundidade (0 - 8, 8 - 18 e 18 - 23 cm), a massa seca da

parte aérea e o número de vagens por vaso (duas plantas/vaso).

Todos os dados foram submetidos à análise de variância individual por ensaio e análise conjunta, sendo os efeitos de cultivares e solos estudados por meio de comparações de médias, pelo teste de Tukey. Os efeitos dos graus de compactação foram avaliados pela análise de regressão. Nos casos em que houve necessidade de transformação dos dados, por causa da heterogeneidade das variâncias, utilizou-se a transformação $\sqrt{x + 0,5}$ (Gomes, 1990).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância conjunta, constatou-se que a maioria das características foi estimada com boa precisão, demonstrada pelos valores do coeficiente de variação (CV%) apresentados na Tabela 2. Revelou ainda que, além dos efeitos principais, houve significância da interação ensaio (E) x grau de compactação (D) x solo (S) x cultivar (C), em relação à massa seca de raízes dos anéis superiores (0-8cm), raízes dos anéis inferiores (18-23 cm) e parte aérea. O número de vagens por vaso e a massa seca das raízes dos anéis intermediários (8-18 cm) foram influenciados pela interação E x D x S, e esta última também foi influenciada pelas interações E x S x C e E x D x C.

Considerando que os diferentes graus de compactação foram aplicados no anel intermediário dos vasos (profundidade de 8 –18cm), esse deve ser o principal segmento a ser considerado na análise do crescimento radicular. Em ambos os ensaios, o acúmulo de massa seca de raízes do feijoeiro nessa profundidade decresceu com o incremento do grau de compactação, nas três classes de solo, embora a redução tenha seguido um padrão linear ou quadrático, conforme o caso (Figura 1). No menor grau de compactação estudado (50%), o solo LVr apresentou crescimento radicular ligeiramente superior aos demais nos dois experimentos (Figura 1), enquanto o solo LVm apresentou, no mesmo grau de compactação, o menor crescimento radicular. Essa diferença de comportamento pode ser explicada pelas diferentes densidades correspondentes ao grau de compactação de 50%, sendo mais elevado no LVm (1,06g/cm³) que no LVr (0,97 g/cm³). E ainda pode ser em consequência das diferenças químicas e granulométricas desses solos, já

que os solos com maior quantidade de matéria orgânica e argila (LRr e LVr, Tabela 1) têm menor perda de nutrientes por lixiviação e, conseqüentemente, maior crescimento.

TABELA 2 – Coeficientes de variação obtidos na análise conjunta. UFLA, Lavras-MG, 1997.

Fatores	Matéria Seca Raízes (g/vaso)			Matéria Seca Parte Aérea (g/vaso)	Número Vagens (por vaso)
	0-8cm	8-18cm	18-23cm		
C.V.(%)	12,00	9,95	9,67	18,54	27,37

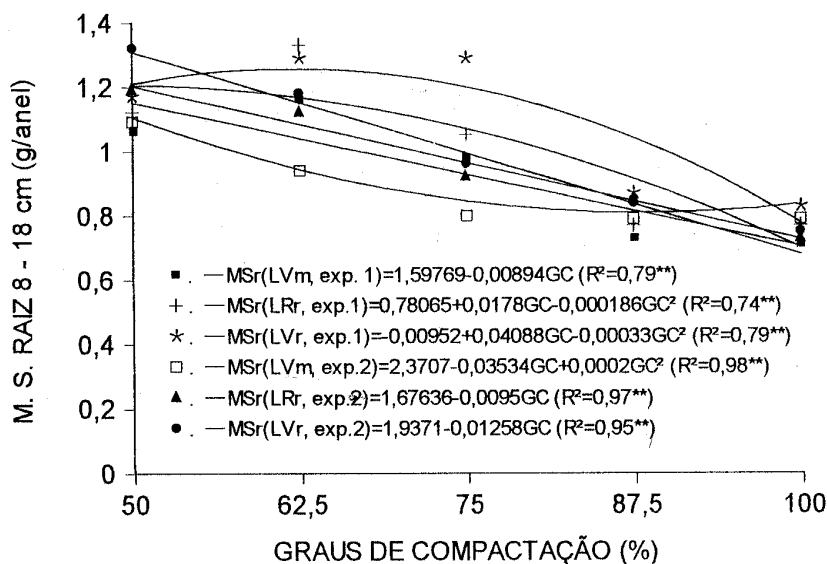


FIGURA 1 – Matéria seca de raízes (8-18cm) do feijoeiro em dois ensaios, em função de diferentes graus de compactação e classes de solo. UFLA, Lavras - MG, 1997 (dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$).

Na Figura 2 observa-se que, nos dois ensaios, na profundidade de 8-18cm, as cultivares Aporé e Pérola tiveram a massa seca de suas raízes reduzida com o incremento do grau de compactação, e essa redução foi independente da classe de solo. No primeiro experimento, houve redução quadrática para a cultivar Pérola e Aporé. Essa cultivar, por sua vez, teve um acréscimo na massa seca de raiz até aproximadamente 60% de compactação, indicando que uma leve compactação foi benéfica ao acúmulo de massa seca de raiz de 8-18cm.

Um detalhamento do efeito da interação E x S x C sobre a produção de matéria seca de raízes na profundidade de 8-18cm pode ser observado na Tabela 3. De maneira geral, o LVm foi o solo que mais limitou o crescimento de raízes. Essa limitação pode ser devida à sua menor porcentagem de matéria orgânica (Tabela 1), que é a principal responsável pela adsorção e reposição de cátions à solução do solo. Os solos LRr e LVr mostraram o mesmo comportamento em relação ao crescimento radicular, exceto no caso da cultivar Pérola no primeiro ensaio, em que o LVr teve maior acúmulo de

matéria seca de raízes. A cultivar Pérola apresentou maior acúmulo de massa seca de raízes no anel intermediário no primeiro experimento, nas classes LRR e LVr.

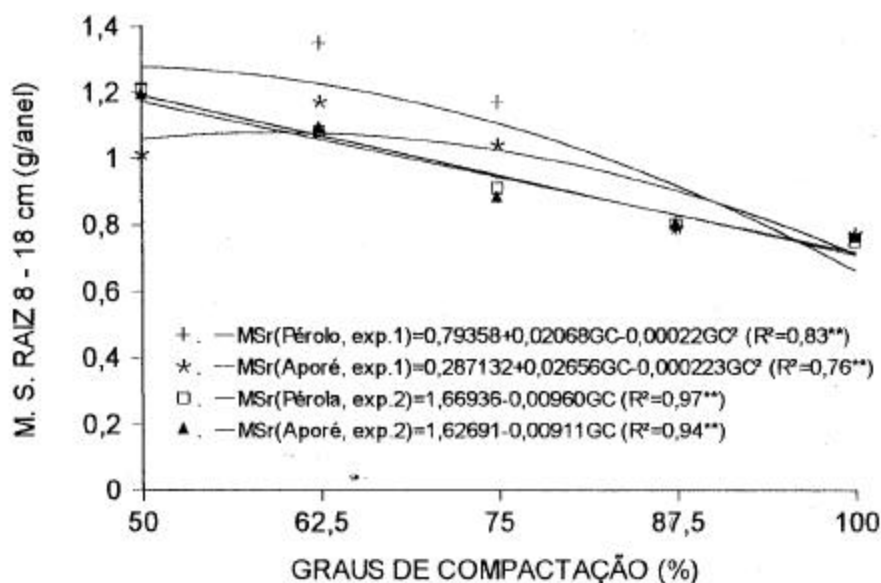


FIGURA 2 – Matéria seca de raízes (8-18cm) do feijoeiro (cvs. Aporé e Pérola) em dois ensaios, em função de diferentes graus de compactação do solo. UFLA, Lavras-MG, 1997 (dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$).

TABELA 3 – Valores médios do peso seco de raízes de duas cultivares de feijoeiro, na profundidade de 8–18cm, em três classes de solo. UFLA, Lavras – MG, 1997.*

Solo	Ensaio 1		Ensaio 2	
	Pérola	Aporé	Pérola	Aporé
LVm	0,37 c A	0,35 a A	0,28 b A	0,27 b A
LRR	0,59 b A	0,44 a B	0,42 a A	0,44 a A
LVr	0,95 a A	0,45 a B	0,50 a A	0,47 a A
Média	0,64	0,41	0,40	0,39

*Dentro de cada ensaio, médias seguidas por letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O acúmulo de massa seca das raízes na ao observado na profundidade de 8-18 cm. Quando profundidade de 0 – 8 cm apresentou um padrão inverso aumentou o grau de compactação no anel intermediário, Ciênc. agrotec., Lavras, v.25, n.5, p.1051-1062, set./out., 2001

houve um aumento no acúmulo de massa seca de raiz no primeiro anel (0 – 8 cm), o que pode ser explicado pela crescente dificuldade de as raízes penetrarem no segundo anel, isto é, onde foi aplicada a compactação. Quanto maior foi a dificuldade de penetração no

segundo anel, maior a proliferação de raízes na camada superficial (Figuras 3 e 4). Com esse resultado, explica-se a maior porcentagem de raízes superficiais detectada quando o feijoeiro é cultivado em solos com camada compactada na subsuperfície.

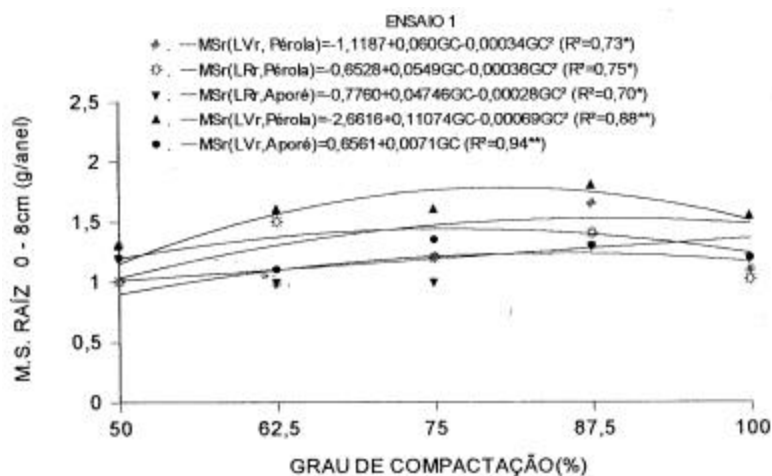


FIGURA 3 – Matéria seca de raízes (0-8cm) do feijoeiro (cvs. Apore e Pérola) em função de diferentes graus de compactação e classes de solo. Primeiro ensaio. UFLA, Lavras- MG, 1997 (dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$).

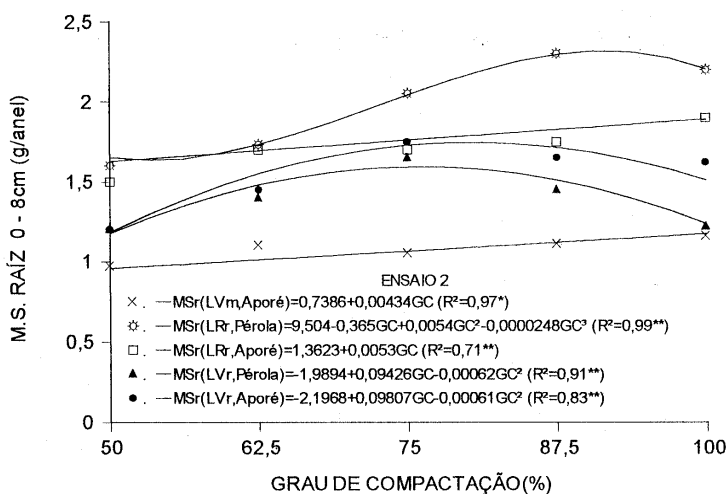


FIGURA 4 – Matéria seca de raízes (0-8cm) do feijoeiro (cvs. Apore e Pérola) em função de diferentes graus de compactação e classes de solo. Segundo ensaio. UFLA, Lavras- MG, 1997 (dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$).

Nos dois ensaios, o sistema radicular na profundidade de 18 – 23 cm apresentou o mesmo comportamento verificado na camada de 8-18cm, ou seja, o acúmulo de matéria seca de raízes decresceu com o incremento do grau de compactação. Esse decréscimo de massa seca de raiz é decorrente da maior restrição encontrada pelas raízes nos maiores

graus de compactação no anel intermediário. Quando aumentou a compactação no anel intermediário (8 – 18 cm), houve menor transposição de raízes para o anel inferior (18 – 23 cm), e isso fez com que o anel inferior seguisse o mesmo comportamento do anel intermediário, em relação ao acúmulo de massa seca de raiz (Figuras 5 e 6).

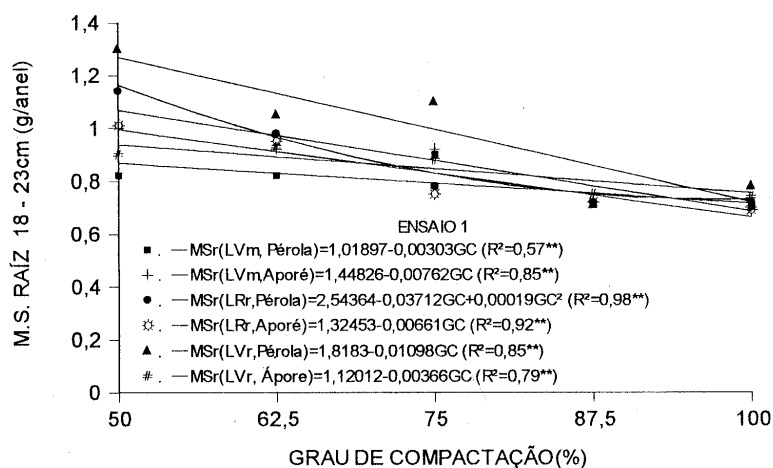


FIGURA 5 – Matéria seca de raízes (18-23cm) do feijoeiro (cvs. Aporé e Pérola) em função de diferentes graus de compactação e classes de solo. Primeiro ensaio. UFLA, Lavras-MG, 1997 (dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$).

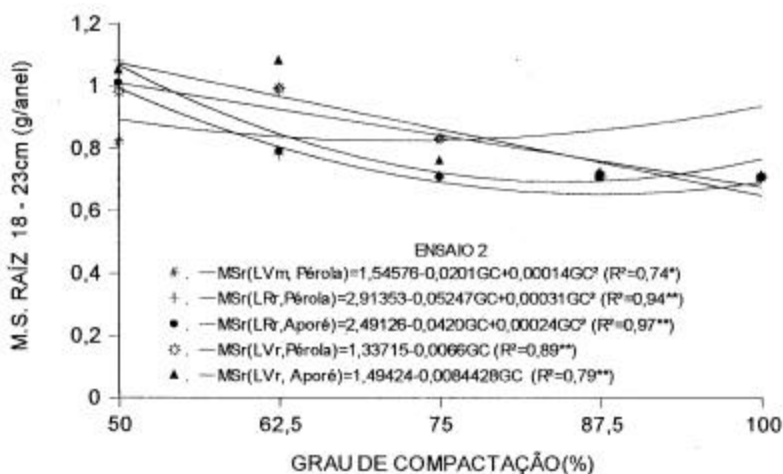


FIGURA 6 – Matéria seca de raízes (18-23cm) do feijoeiro (cvs. Aporé e Pérola) em função de diferentes graus de compactação e classes de solo. Segundo ensaio. UFLA, Lavras-MG, 1997 (dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$).

O efeito dos graus de compactação sobre o acúmulo de massa seca da parte aérea, nos dois experimentos, foi influenciado pela classe de solo e pela cultivar de feijoeiro. Pelas Figuras 7 e 8, pode-se verificar esse efeito: em algumas situações (no 1º ensaio, para a cultivar Pérola, no LVm e LRr, e para a cultivar Aporé, no LRr, e no 2º ensaio, para a cultivar pérola, no LRr), houve redução linear do crescimento da parte aérea. Para as demais interações, o comportamento foi quadrático, aumentando a massa seca da parte aérea até certo grau

de compactação. Esse aumento benéfico teve ponto de máxima para a maioria das curvas próximas a 70% do grau de compactação. Essa tendência geral de redução da massa seca da parte aérea com o aumento do grau de compactação (Figuras 7 e 8) certamente foi consequência do menor desenvolvimento das raízes nos anéis de maior compactação (Figuras 1 e 2), comprovando a grande interdependência existente entre parte aérea e raízes.

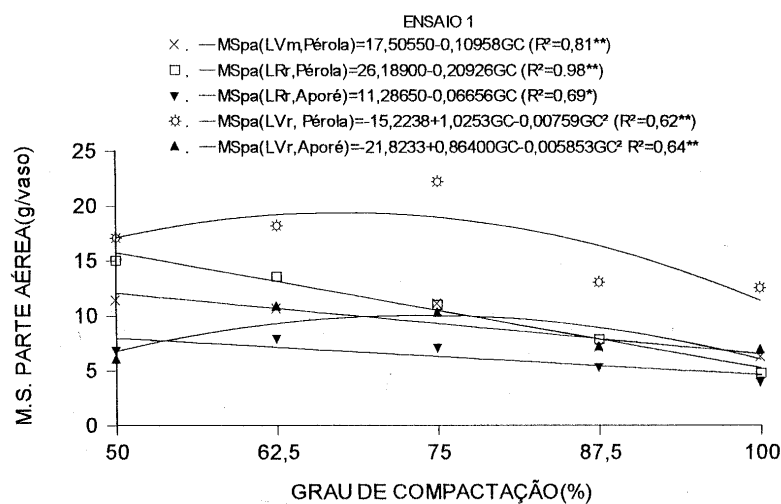


FIGURA 7 – Matéria seca da parte aérea do feijoeiro (cvs. Aporé e Pérola) em função de diferentes graus de compactação e classes de solo. Primeiro ensaio. UFLA, Lavras-MG, 1997 (dados originais).

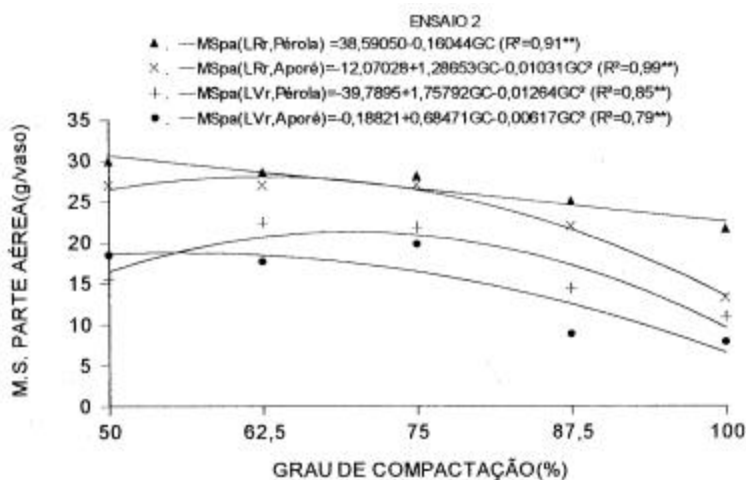


FIGURA 8 – Matéria seca da parte aérea do feijoeiro (cvs. Aporé e Pérola) em função de diferentes graus de compactação e classes de solo. Segundo ensaio. UFLA, Lavras-MG, 1997 (dados originais).

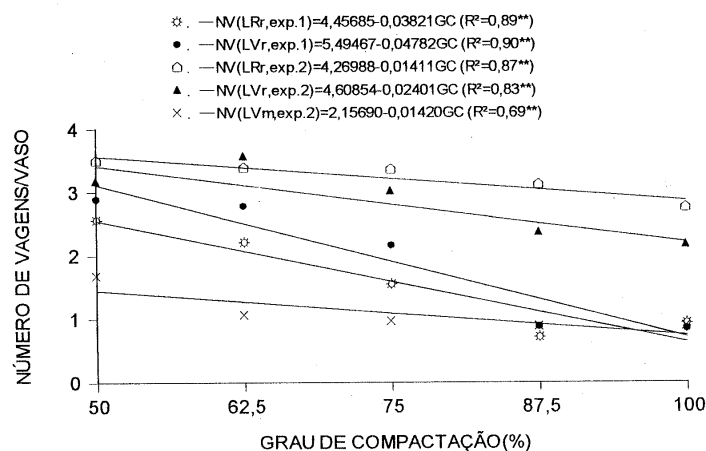


FIGURA 9 – Número de vagens do feijoeiro (cvs. Aporé e Pérola), em dois ensaios, em função de diferentes graus de compactação e classes de solo. UFLA, Lavras-MG, 1997 (dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$).

O fato de o feijoeiro ter crescido menos no solo LVm pode ser em decorrência da menor fertilidade natural desse solo, e menor retenção de cátions, consequência do seu baixo teor de matéria orgânica e maior porcentagem de areia.

Embora os crescentes graus de compactação tenham afetado o crescimento das raízes e da parte aérea do feijoeiro, o efeito sobre a produção de vagens parece ter sido o mais expressivo, conforme pode ser observado na Figura 9. Ainda que em uma única situação (ensaio 1, solo LVm) aquele efeito não tenha sido significativo, em todos os demais casos houve redução linear do número de vagens com o incremento do grau compactação do solo.

CONCLUSÕES

Os crescentes graus de compactação subsuperficial do solo (camada de 8-18cm) reduziram o crescimento da parte aérea e do sistema radicular do feijoeiro, resultando em redução linear do número de vagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M.J.B.; RAMALHO, M.P.A. Cultura do feijoeiro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Curso de atualização técnica dos

- engenheiros agrônomos do Banco do Brasil: módulo sudeste.** Sete Lagoas, 1995. 97 p.
- CAMP, C.R.; CHRISTENBURY, G.D.; DOTY, C.W. Tillage effects on crop yield in Coastal Plain soil. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.27, n.6, p.1729-1733, Nov./Dec. 1984.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregados e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.99-105, jan./abr. 1990.
- CASTILHO, S.R.; DOWDY, R.H.; BRADFORD, J.M.; LARSON, W.E. Effects of applied mechanical stress on plant growth and nutrients uptake. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, n.3, p.526-530, May/June 1982.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação.** Lavras, 1998. 176 p.
- DAY, P.R.; HOLMGREN, G.G. Microscopic changes in soil structure during compression. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.16, n.1, p.73-77, 1952.
- DIAS JUNIOR, M. de S. **Notas de aulas de física do solo.** Lavras: UFLA, 1996. 168 p.
- ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.2, p.259-267, maio/ago. 1989.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão. **Informativo anual das comissões técnicas regionais de feijão: cultivares de feijão recomendadas para plantio no ano agrícola 1998/99.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998. 29 p.
- FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S.; AQUINO, L.E. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.1, p.5-8, jan./abr. 1980.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental.** Piracicaba: ESALQ, 1990. 460 p.
- INFORZATO, R.; GUIMARÃES, G.; BORGONOV, M. Desenvolvimento do sistema radicular do arroz e do feijoeiro em duas séries de solo do Vale do Paraíba. **Bragantia**, Campinas, v.23, n.30, p.365-369, 1964.
- INFORZATO, R.; MIYASAKA, S. Sistema radicular do feijoeiro em dois tipos de solo do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.22, n.38, p.447-481, set. 1963.
- KLUTHCOUSKI, J.; BOUZINAC, S.; SEGUY, L. Efeitos de duas técnicas de preparo do solo sobre as plantas daninhas e rendimento do feijoeiro, linhagem A - 176. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 2., 1987, Goiânia. **Resumos...** Brasília: EMBRAPA-CNPAP, 1987. Não paginado.
- KLUTHCOUSKI, J.; BOUZINAC, S.; SEGUY, L. Preparo do solo. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: Potafós, 1988. p.249-259.
- MULLINS, C.A.; TOMPKINS, F.D.; PARKS, W.L. Effects of tillage methods on soil nutrient distribution, plant nutrient absorption, stand, and yield of snap beans and lima beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.105, n.4, p.591-593, July 1980.
- NEGI, S.C.; RAGHAVAN, G.S.V.; MCKYES, E. The effects to compaction and minimum tillage on corn yields and soil properties. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.33, n.3, p.744-747, May/June 1990.
- OHU, J.O.; RAVAGHAN, G.S.V.; MCKYES, E.; STEWART, K.A.; FANOUS, M.A. The effects of soil compaction and organic matter on the growth of bush beans. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.28, n.4, p.1056-1061, July/Aug. 1985.
- OSPINA, O.H.F. **Morfología de la planta de fríjol común (*Phaseolus vulgaris L.*).** 2. ed. Cali: CIAT, 1981. 50 p. (CIAT. Guía de estudio, série 04 SB - 09. 01).
- POLLACK, B.M.; MANALO, J.R. Controlling substrate moisture oxygen levels during age of germination.

Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, v.94, n.6, p.574-576, Nov. 1969.

PRIMAVESI, O.M.A.S.P.R.B. **Produção de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em função da porosidade e aeração de solos.** 1986. 51 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SAMPAIO, G.V.; GALVÃO, J.D.; FONTES, L.A.N.; FIGUEIREDO, M. de S.; CARDOSO, A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre o consórcio milho - feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.36, n.208, p.465-482, nov./dez. 1989.

SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J.C.; DERPSCH, R. Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybeans and wheat on

an oxisol. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOIL TILLAGE RESEARCH ORGANIZATION, 9., 1982, Osijek. **Proceedings...** Osijek, 1982. p.537-544.

SILVA, J.G. **Ordens de gradagens e sistemas de aração do solo:** desempenho operacional, alterações na camada mobilizadora e respostas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). 1992. 180 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVEIRA, P.M.; SILVA, S.C.; SILVA, O.F.; DAMASCENO, M.A. Estudo de sistemas agrícolas irrigados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.8, p.1243-1252, ago. 1994.

SIQUEIRA, N. de S. **Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre a cultura do feijão (*P. vulgaris* L.) e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo.** 1989. 106 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.