



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

NATHALIA GOMES DA SILVA

NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO DO SOLO E PRODUÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI

MOSSORÓ

2019

NATHALIA GOMES DA SILVA

NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO DO SOLO E PRODUÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Neyton de Oliveira Miranda

MOSSORÓ

2019

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586n Silva, Nathalia Gomes da.
NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO DO SOLO E PRODUÇÃO DO
FEIJÃO-CAUPI / Nathalia Gomes da Silva. - 2019.
29 f. : il.

Orientador: Neyton de Oliveira Miranda.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2019

1. Vigna unguiculata. 2. densidade solo. 3.
camada compactada. I. Miranda, Neyton de
Oliveira, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

NATHALIA GOMES DA SILVA

NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO DO SOLO E PRODUÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Defendida em: **15/03/2019**

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Neyton de Oliveira Miranda - UFERSA
Presidente



Prof. Dr. Francisco Xavier de Oliveira Filho - UFERSA
Primeiro Membro Examinador •



Dra. Kaline Dantas Travassos- UFERSA
Segundo Membro Examinador

A Deus por ter me protegido, me guiado, me abençoado, me ajudado a superar todos os obstáculos encontrados até a conquista final e poder concluir mais uma etapa em minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e oportunidade de viver tudo o que estou vivendo.

A minha mãe Maria Lúcia por toda confiança e esforços para a realização dos meus sonhos, pelas palavras de incentivo, pela compreensão e por todo aparato e segurança que me dá até hoje. Te amo!

As minhas irmã Natacha e Nayuri por estarem presentes em todas as etapas da minha vida e me ajudando nos momentos fáceis e difíceis.

Aos meus colegas Mariana, Marileya, Arlene, Hellanny, Anderson, Cyntia, Priscilla, Helena, Victor, Peter, Francisco, Jorgiana, Cássio, Poliana, Sabrina.

Ao meu esposo Ivan Euzébio, que foi um grande presente que a UFERSA me deu, desde então vem somando em minha vida. Obrigada pelo carinho, amor, atenção, conselhos, ajuda, por esta em todos os momentos de minha vida. Sem você essa conquista não teria o mesmo significado. Te amo!

A minha filha Maria Íris que a cada dia me motiva e dá forças para lutar e conquistar meus sonhos.

Aos mestres pela contribuição não só na minha formação acadêmica, mas pelos ensinamento de vida. Em especial a Lunara Gleika.

Ao meu orientador Neyton de Oliveira Miranda pela dedicação e paciência para a realização desse trabalho e pela oportunidade de participar de projetos científicos ao longo da graduação.

A banca examinadora Kaline Travassos e Xavier Filho pela disponibilidade e contribuição.
Aos meus familiares e amigos que de forma indireta ou diretamente contribuíram para a realização do meu sonho.

Meus agradecimentos!

“Para se ter sucesso, é necessário amar de verdade o que se faz. Caso contrário, levando em conta apenas o lado racional, você simplesmente desiste. É o que acontece com a maioria das pessoas.”

Steve Jobs

RESUMO

O feijão-caupi apresenta grande importância social, econômica e nutricional para as regiões Norte e Nordeste do Brasil, onde representa um alimento básico para as populações de baixa renda devido às boas características para o cultivo nessas regiões e a ser rico em minerais. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento de duas cultivares de feijão caupi submetidas a dois níveis de densidade do solo aplicados em duas profundidades diferentes. Foram realizados dois experimentos, um com a variedade BRS Tumucumaque e o outro com a BRS Potengi, entre junho e outubro de 2018, em casa de vegetação localizada no Campus Oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró-RN. Os tratamentos foram aplicados em colunas de solo compostas de anéis de PVC com 15 cm de diâmetro. Cada coluna era dividida em três anéis com 10 cm de altura e um com 5 cm de altura, o qual recebeu a compactação no nível de densidade especificado. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial. Os fatores eram níveis de densidade do solo na camada compactada ($1,65$ ou $1,85 \text{ g cm}^{-3}$) e profundidades da camada compactada (10-15 ou 20-25 cm). Após a colheita dos grãos secos, foram coletadas as raízes de cada camada para análise do desenvolvimento radicular sob compactação. As análises estatísticas constaram de análise da variância para verificar o efeito dos fatores e de sua interação por meio do Teste F, o qual também determinou a diferença de médias entre os níveis de densidade e as profundidades da camada compactada. A cultivar BRS Potengi apresentou comportamento superior para variáveis analisadas do que a cultivar BRS Tumucumaque, quando submetidas à compactação do solo. As variáveis apresentaram maiores valores médios quando a camada compactada se localizava de 20-25 cm. O melhor comportamento das variáveis ocorreu na menor densidade ($1,65 \text{ kg cm}^{-3}$), quando a camada compactada era 10-15 cm, e na maior densidade ($1,85 \text{ kg cm}^{-3}$) quando na camada compactada era 20-25 cm. O desenvolvimento radicular da BRS Potengi foi melhor do que da BRS Tumucumaque em todas as camadas de solo.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; densidade solo; camada compactada.

ABSTRACT

Cowpea presents great social, economic and nutritional importance for the North and Northeast regions of Brazil, where it is a food staple for low income populations due to the favorable regional conditions for the crop and to its mineral composition. The objective of this work was to evaluate the behavior of two cultivars of cowpea submitted to two levels of soil density at two different depths. Two experiments were carried out between June and October 2018, in a greenhouse located at the Federal Rural Semi-Arid University, in Mossoró, RN, Brazil. The first experiment was with the cultivar BRS Tumucumaque, and the second with BRS Potengi. Treatments were applied in soil columns made with 15 cm diameter PVC rings. Each column was divided into three 10 cm high rings, and one ring 5 cm high which was compacted at the specified density level. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme. The factors were levels of soil density in the compacted layer (1.65 or 1.85 g cm^{-3}) and depths of the compacted layer (10-15 or 20-25 cm). After harvesting the dry grains, roots of each layer were collected for analysis of root development under compaction. The statistical analysis consisted of analysis of variance to verify the effect of the factors and their interaction by means of F Test, which was also used for assessing the differences of means between soil density levels and between the depths of compacted layer. The cultivar BRS Potengi presented behavior for the analyzed variables superior to the cultivar BRS Tumucumaque, when submitted to soil compaction. The variables presented higher average values when the compacted layer was located at 20-25 cm. Variables presented better behavior at the lower soil density (1.65 kg cm^{-3}) when the compacted layer was at 10-15 cm, and at the higher soil density (1.85 kg cm^{-3}) when the compacted layer was at 20-25 cm. The root development of BRS Potengi was better than that of BRS Tumucumaque in all soil layers.

Keywords: *Vigna unguiculata*; soil density; compacted layer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Esquema da montagem das colunas de solo com as dimensões dos anéis e diferentes densidades do solo e profundidades da camada compactada.....	16
Figura 2	–	Colunas de solo montadas (A) e fitas plásticas (B) colocadas para evitar o crescimento de raízes do feijão-caupi contíguas a parede do tubo.....	17
Figura 3	–	Produtividade de variedades de feijão caupi (A – BRS Tumucumaque; B- BRS Potengi) submetidas a níveis de compactação em duas camadas de solo.....	18
Figura 4	–	Número de sementes por vagem de duas variedades de feijão caupi (A – BRS Tumucumaque; B- BRS Potengi) submetidas a níveis de compactação em duas camadas de solo.....	19
Figura 5	–	Massa de mil sementes por vagem de duas variedades de feijão caupi (A – BRS Tumucumaque; B- BRS Potengi) submetidas a níveis de compactação em duas camadas de solo.....	20
Figura 6	–	Massa de raízes na camada compactada de duas variedades de feijão caupi (A – BRS Tumucumaque; B- BRS Potengi) submetidas a níveis de compactação em duas camadas de solo.....	21
Figura 7	–	Massa de raízes por camada de solo de duas variedades de feijão caupi (A – BRS Tumucumaque; B- BRS Potengi) submetidas a níveis de compactação em duas camadas de solo.....	22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	100
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	122
2.1. Cultura do feijão-caupi	122
2.2. Efeitos da compactação no solo e na planta	133
2.3. Compactação no feijão-caupi.....	144
3. MATERIAL E MÉTODOS	155
4. RESULTADOS	18
5. DISCUSSÃO.....	24
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	255
7. REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) tem vários nomes populares, alguns dos mais usados são: feijão-macassar e feijão-de-corda, na região Nordeste; feijão-de-praia, feijão-da-colônia e feijão-de-estrada, na região Norte; feijão-miúdo, na região Sul. Na região Norte, há ainda um tipo de feijão-caupi muito importante para a culinária local chamado de manteiguinha, tem grãos de cor creme, muito pequenos. O feijão-caupi é também chamado de feijão-gurutuba e feijão-catador em algumas regiões do Estado da Bahia e norte de Minas Gerais (FREIRE FILHO et al., 1983).

O feijão-caupi é rico em minerais, fibras, proteínas e aminoácidos essenciais e é uma das fontes alimentares mais importantes e estratégicas para as regiões tropicais e subtropicais do planeta, além de desempenhar papel importante quanto à geração de emprego e renda. Atualmente, a Nigéria e Níger são o primeiro e segundo produtor mundial de feijão caupi, respectivamente, o Brasil é o terceiro maior produtor, sendo cultivado, sobretudo, nas regiões Norte e Nordeste, onde é componente alimentar básico das populações rurais e urbanas rurais e urbanas, de todas as classes sociais (FREIRE FILHO et al., 2011; SANTOS et al., 2014; TORRES et al., 2015; SILVA et al., 2016). Além disso, também pode ser utilizado como forragem verde, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e, ainda, como adubação verde e cobertura do solo. Além da geração de empregos, melhorando assim a qualidade de vida das populações. Assim, fica ressaltada a grande importância social, econômica e nutricional para a região Norte e Nordeste do Brasil, onde representa um alimento básico para as populações de baixa renda devido as boas características para o cultivo nessas regiões e apresenta uma composição mineral alta: 25% em média de proteínas, 65% de carboidratos, 1,3% de gorduras e 3,9% de apresenta todos aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais.

A maior produção e produtividade do feijão-caupi (1095 kg ha^{-1}) em 2014 ocorreram no estado de Mato Grosso, que não tem a maior área plantada, mas emprega maior tecnologia. Os maiores consumidores são Ceará (270 kg.ha^{-1}) e Piauí (258 kg.ha^{-1}) (SILVA et al., 2016). O Rio Grande do Norte produziu, em média, 555 kg.ha^{-1} na safra 2013-2014 com estimativa de 353 kg.ha^{-1} para 2014-2015 (CONAB, 2015).

Apesar da produção nacional atual, há um déficit permanente de oferta nos estados do Nordeste, de acordo com Torres et al. (2015), uma vez que a produtividade média é extremamente baixa. Tal condição pode ser explicada por vários fatores, como o uso de cultivares com baixo potencial produtivo e não adaptadas à região, densidade inadequada de semeadura, o plantio em solos de baixa fertilidade e o cultivo de forma precária, sem uso de

tecnologias apropriadas que promovam uma melhor produtividade por meio de um manejo mais adequado, pois há deficiência na assistência técnica e transferência de tecnologia (PESSÔA et al., 2015; NASCIMENTO et al., 2011). A produção anual de feijão caupi no Nordeste brasileiro sofre grande oscilação em consequência, principalmente, do déficit hídrico e da irregularidade na distribuição das chuvas (BARROS et al., 2013). Lima et al. (2011) afirmam que, na fase reprodutiva, o déficit hídrico ocasiona redução na produtividade do feijão caupi.

A produtividade do feijão-caupi também pode ser afetada pela compactação do solo, que causa diminuição do espaço poroso e aumento da densidade. O solo pode se tornar improdutivo por conta do comprometimento do desenvolvimento das raízes, estruturas essas que são responsáveis pela absorção de água e nutrientes para as plantas, além da dificuldade nas trocas gasosas e no fornecimento de oxigênio para as raízes. (BONFIM-SILVA et al. 2011). Como termo da Pedologia, a compactação é a alteração no arranjo das partículas constituintes do solo (CAMARGO, ALLEONI, 1997)

A compactação, em geral, é causada pelo uso de máquinas pesadas sobre os solos de baixa estabilidade estrutural, podendo ser causada também pelo pisoteio do gado. Por mais que boa parte da agricultura praticada no semiárido nordestino seja composta pelo perfil familiar, os efeitos nocivos do uso da mecanização podem ser observados em áreas irrigadas e zonas subúmidas secas (SAMPAIO, SAMPAIO, 2002).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento de duas cultivares de feijão caupi submetidas a dois níveis de densidade do solo aplicados em duas profundidades diferentes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura do feijão-caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma planta Dicotyledonea, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, seção Catyang, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *unguiculata*, subdividida em quatro grupos *Unguiculata*, *Sesquipedalis*, *Biflora* e *Textilis* (FREIRE FILHO et al., 2011). No Brasil são cultivados os grupos *Unguiculata*, para produção de grão seco e feijão-verde, e *Sesquipedalis*, comumente chamado de feijão-de-metro, para produção de vagem.

O feijão-caupi é uma cultura de origem africana, sendo a Nigéria o centro primário de diversidade da espécie, segundo Steele e Mehra (1980) e Ng e Maréchal (1985). Ele foi introduzido no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses no Estado da Bahia (FREIRE FILHO, 1988). Sabe-se que em 1568 já existiam muitos feijões no Brasil e que em 1587 uma grande variedade de feijões e favas era cultivada na Bahia. Embora não se saiba quais feijões eram cultivados, há evidências de que o feijão-caupi era um deles, porque desde a designação da Bahia como capital administrativa do Brasil, em 1549, o comércio com o Oeste da África, de Guiné a Angola, era muito intenso. A partir da Bahia, o feijão-caupi foi disseminado por todo o País. No Piauí, que foi colonizado do sertão para o litoral, encontra-se a citação do cultivo de feijão em 1697. Isso sugere uma intensa disseminação da cultura, principalmente na região Nordeste e da região Nordeste para todo o País, onde lavradores passaram a cultivar as espécies mais adaptadas em suas regiões.

O feijão-caupi se tornou uma cultura complementar na região do semiárido por apresentar boa adaptação às condições edafoclimáticas, desenvolvendo-se bem em uma faixa de temperatura de 20 a 30°C e precipitações em torno de 250 a 500 mm. Ele é pouco exigente em fertilidade do solo, diferentemente do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) que não tem um desenvolvimento satisfatoriamente na mesma região. Outro aspecto importante, é que o feijão-caupi é uma planta hospedeira de bactérias diazotróficas presentes no solo, chamadas de “rizóbio”, pelas quais é facilmente nodulado. Essas bactérias possuem a capacidade de fixar o nitrogênio (N₂) atmosférico reduzindo-o em amônia, que é então assimilada pela planta, contribuindo para seu crescimento e desenvolvimento.

Segundo Freire Filho (et al., 2005), por seu alto valor nutritivo, o feijão caupi é

cultivado principalmente para a produção de grãos, secos ou verdes, para o consumo humano, in natura, na forma de conserva ou desidratado. Além disso, também pode ser utilizado como forragem verde, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e, ainda, como adubação verde e cobertura do solo. Além da geração de empregos, melhorando assim a qualidade de vida das populações. Assim, fica ressaltada a grande importância social, econômica e nutricional para a região Norte e Nordeste do Brasil, onde representa um alimento básico para as populações de baixa renda devido as boas características para o cultivo nessas regiões e apresenta uma composição mineral alta: 25% em média de proteínas, 65% de carboidratos, 1,3% de gorduras e 3,9% de apresenta todos aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais.

Os tipos de feijão-caupi podem ser caracterizados de acordo com sua coloração, formato e tamanho. A Instrução Normativa de nº 12, de 28 de março de 2008, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, citada por Freire Filho et al. (2011), considera feijão somente os oriundos de duas espécies: *Phaseolus vulgaris* L e *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

A BRS Potengi é uma cultivar de feijão caupi de coloração branca do grão, com ciclo de 70-75 dias, alto teor de proteína e ferro, apresenta moderada resistência ao mosaico severo do feijão-caupi, mosaico transmitido por pulgão, mosaico dourado, mancha café e Oídio. Apresenta produtividade em cultivo de sequeiro de 1.005 kg/ha⁻¹ e 1.766 kg/ha⁻¹ para cultivo irrigado. Na região Nordeste é recomendada para o cultivo nos estados do Maranhão, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Piauí. (EMBRAPA, 2009)

A BRS Tumucumaque também é uma cultivar de grão branco de alta aceitação, sendo utilizada para exportação com ciclo precoce em torno de 65-70 dias, rico em ferro e zinco, apresenta resistência ao acamamento. Em cultivo de sequeiro sua produtividade média é em torno de 1.100 kg/ha⁻¹ e quando irrigado é em torno de 1.703 kg/ha⁻¹. Na região Nordeste é recomendado para o cultivo nos estados do Maranhão, Alagoas, Piauí, Sergipe, Rio Grande do Norte e Pernambuco. (EMBRAPA, 2009)

2.2. Efeitos da compactação no solo e na planta

A degradação do solo consiste da perda de suas qualidades intrínsecas ou a redução da sustentabilidade para um ou mais usos específicos (FAO, 2003). Ela pode ocorrer tanto de forma natural como por influência humana e provoca mudanças nas propriedades do solo diminuindo a possibilidade de recuperação.

Segundo Snakin et. al. (1996) as causas da degradação em terras na região semiárida

brasileira vão desde o manejo inadequado das culturas até práticas agrícolas prejudiciais e superpastoreio. O mais importante efeito local da degradação do solo é a deterioração de suas propriedades físicas e, conseqüentemente, da produtividade agropecuária.

Uma das formas mais importantes de degradação física do solo em áreas secas é a compactação, com aumento de sua resistência à penetração e redução da macroporosidade e porosidade total. Isso é seguido por diminuição na aeração, taxa de infiltração de água e condutividade hidráulica do solo saturado e no crescimento das plantas, causado por menor disponibilidade de água, restrição ao crescimento das raízes e aeração deficiente (REICHERT et al., 2007). Devido à compactação do solo, as plantas têm maior dificuldade em obter água e nutrientes, necessitando para isto, gasto extra de energia pelas raízes, o que limita seu estabelecimento, crescimento e produtividade, afetando emergência e altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea e raiz, relação raiz/parte aérea e eficiência do uso da água (DAUDA E SAMARI, 2002; REICHERT et al., 2007).

A compactação, em geral, é causada pelo uso de máquinas pesadas sobre os solos de baixa estabilidade estrutural, podendo ser causada também pelo pisoteio do gado. Por mais que boa parte da agricultura praticada no semiárido nordestino seja composta pelo perfil familiar, os efeitos nocivos do uso da mecanização podem ser observados em áreas irrigadas e zonas subúmidas secas (SAMPAIO, SAMPAIO, 2002).

Para expressar a intensidade de compactação são usados indicadores físicos do solo que afetam o crescimento da planta, como densidade, resistência à penetração e porosidade de aeração. (GUBIANI, 2008), sendo que a resistência do solo à penetração das raízes é mais adequada para a caracterização da compactação entre as camadas do solo do que a densidade do solo (DE MARIA, CASTRO, SOUZA., 1999, STRECK et al., 2004).

2.3. Compactação no feijão-caupi

Apesar de existir uma interação entre genótipo e ambiente que proporciona um desempenho distinto dos genótipos de feijão-caupi encontrados na região Semiárida do Nordeste brasileiro, quando cultivados em diferentes épocas do ano e diferentes manejos (SANTOS et al., 2000), Pessôa et al. (2015) afirmam, em estudo sobre a interferência da compactação do solo no crescimento de feijão caupi, que a presença da camada compactada de solo prejudica a altura da planta, o número de folhas, o diâmetro do caule, a produção de fitomassa verde e seca da parte aérea e da raiz, a relação raiz/ parte aérea do feijão-caupi e por conseguinte a sua produtividade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido entre novembro de 2018 a março de 2019, em casa de vegetação localizada no Campus Oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFRSA, em Mossoró-RN, cujo clima é semiárido e do tipo BSw^h, pela classificação de Köppen, isto é, seco e muito quente, com estação seca de junho a janeiro, e a chuvosa de fevereiro a maio (Carmo Filho et al., 1991).

O solo utilizado nos experimentos proveniente de uma área classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrofico (EMBRAPA, 2013), coletado a uma profundidade de 0-20cm obtido na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localizada no distrito de Alagoinha, Mossoró-RN.

Para a caracterização do solo foram realizadas análises no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da UFRSA conforme metodologias de EMBRAPA (2011), cujos resultados foram os seguintes: areia grossa – 0,62, areia fina – 0,29, areia total – 0,91, silte – 0,02 e argila – 0,07, todos em kg kg⁻¹; pH em água – 5,50; condutividade elétrica na solução 1:2,5 – 0,05 dS m⁻¹; matéria orgânica – 1,1 g kg⁻¹; fósforo – 1,03, potássio – 43,83 e sódio – 8,82, todos em mg dm⁻³; cálcio – 0,30, magnésio – 0,40, alumínio – 0,03, acidez potencial – 0,83 e capacidade de troca de cátions – 1,68, todos em cmol_c dm⁻³; percentagem de sódio trocável – 2,33 %.

Foram desenvolvidos 2 experimentos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com 4 repetições. No primeiro experimento foi plantada a cultivar de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) BRS Tumucumaque e a BRS Potengi no segundo experimento. Os fatores estudados foram: densidade do solo (1,65 e 1,85 kg cm⁻³) na camada compactada com 5 cm de altura e profundidade da camada compactada (10-15 e 20-25 cm).

O solo foi acondicionado em colunas com 35 cm de altura, confeccionadas em tubos de PVC com 15 cm de diâmetro. Cada coluna foi montada por sobreposição de três anéis de PVC com 10 cm de altura e um anel com 5 cm de altura. Os anéis de 10 cm não foram submetidos à compactação e os anéis de 5 cm, que receberam os níveis de compactação, foram posicionados em duas profundidades diferentes a partir da superfície superior da coluna (10-15 ou 20-25 cm).

Nos tratamentos T1 e T2, os dois anéis inferiores superpostos possuíam 10 cm de altura, cada um, e foram cheios com um mesmo peso mínimo de solo sem compactar; sobre eles foi adicionado um terceiro anel, com 5 cm de altura, que foi preenchido com peso de solo

que resultou nas densidades de compactação; o anel superior, o quarto, tinha 10 cm de altura e foi cheio com o peso mínimo de solo sem compactar (Figura 1). Os anéis de 5 cm foram compactados manualmente, por meio de pressão com cilindro de madeira, até conterem peso correspondente à densidade de $1,65 \text{ kg cm}^{-3}$ no T1 e $1,85 \text{ kg cm}^{-3}$, no T2.

Nos tratamentos T3 e T4, o anel inferior de 10 cm de altura foi preenchido com o peso mínimo de solo sem compactar, o mesmo que T1 e T2; sobre ele foi adicionado um segundo anel, com 5 cm de altura, que foi preenchido com peso de solo que resultou nas densidades de compactação; em seguida, foram superpostos mais dois anéis 10 cm de altura, o terceiro e o quarto, os quais foram preenchido com o peso mínimo de solo sem compactar. Os anéis de 5 cm foram compactados da mesma maneira que T1 e T2, até as densidade de $1,65 \text{ kg cm}^{-3}$ no T3 e $1,85 \text{ kg cm}^{-3}$ no T4.

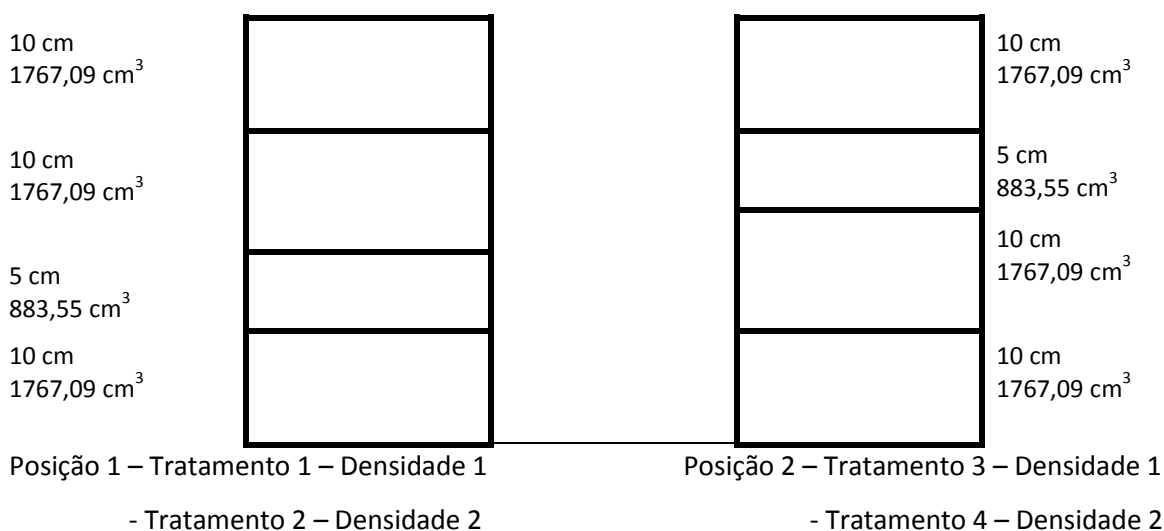


Figura 1. Esquema da montagem das colunas de solo com as dimensões dos anéis e diferentes densidades do solo e profundidades da camada compactada.

Utilizou-se a metodologia descrita por Muller, Ceccon e Rosolem (2001) para evitar o desenvolvimento radicular pela interface PVC-solo compactado, colocando-se fitas plásticas adesivas, dobradas da periferia ao centro da superfície superior do anel, evitando o desenvolvimento de raízes contíguas à parede do tubo (Figura 2).

Após o preenchimento das colunas com solo e aplicados os níveis de compactação, o solo foi saturado e a massa das colunas foi determinada para, a seguir, serem semeadas 5 sementes de feijão-caupi. Após a emergência das plântulas foi realizado o desbaste para que permanecesse na coluna apenas uma planta.

A variedade BRS Tumucumaque foi plantada em 11/06/2018, germinou no dia

15/06/2018 e floresceu em 02/08/2018. A segunda variedade a ser utilizada, BRS Potengi, foi plantada 29/06/2018, germinando em 03/07/2018 e seu florescimento ocorreu em 18/08/2018.



Figura 2. Colunas de solo montadas (A) e fitas plásticas (B) colocadas para evitar o crescimento das raízes do feijão-caupi contíguas à parede do tubo.

A irrigação foi realizada de forma manual com o auxílio de um recipiente borrifador, sendo que todas as plantas receberam a mesma lâmina de água, que foi determinada a partir da pesagem de algumas colunas aleatoriamente, sendo reposta a quantidade de água evapotranspirada em relação à massa das colunas com solo saturado.

A colheita foi realizada no ponto de colheita de grãos secos no dia 24/08/2018 para a variedade BRS Tumucumaque e 10/09/2018 para a BRS Potengi. A seguir, as colunas de solo foram separadas por meio de lâmina, o solo foi retirado e as raízes de cada camada (anel) foram separadas para pesagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante.

As características avaliadas em cada experimento foram: produtividade em kg ha⁻¹, considerando uma população de 200 000 plantas por hectare; número de sementes por vagem; massa de mil sementes; massa de raízes na camada compactada de cada tratamento (10-15 ou 20-25 cm); massa de raízes nas quatro camadas estudadas: 0-10, 10-15, 15-25 e 25-35 cm, quando a camada compactada era a segunda, e 0-10, 10-20, 20-25 e 25-35 cm, quando a camada compactada era a terceira. Essa profundidade foi escolhida por representar a compactação na profundidade do pé de grade (10-15cm) e pé de arado (20-25cm).

As análises estatísticas constaram de análise da variância para verificar, por meio do teste F, o efeito individual dos fatores e o efeito da interação entre eles. Como cada fator possuía dois níveis, o próprio Teste F indicou a significância das diferenças entre os níveis.

4. RESULTADOS

A cultivar BRS Tumucumaque (Figura 2A) apresentou, em média, maior produtividade do que a BRS Potengi (Figura 2B). Quando a camada compactada era a de 10-15 cm, a maior produtividade foi obtida na menor densidade ($1,65 \text{ kg cm}^{-3}$), para as duas cultivares. Entretanto, quando a camada compactada era a de 20-25 cm não houve diferença em produtividade entre as densidades estudadas, apesar da tendência de maior produtividade na maior densidade para a cultivar BRS Tumucumaque.

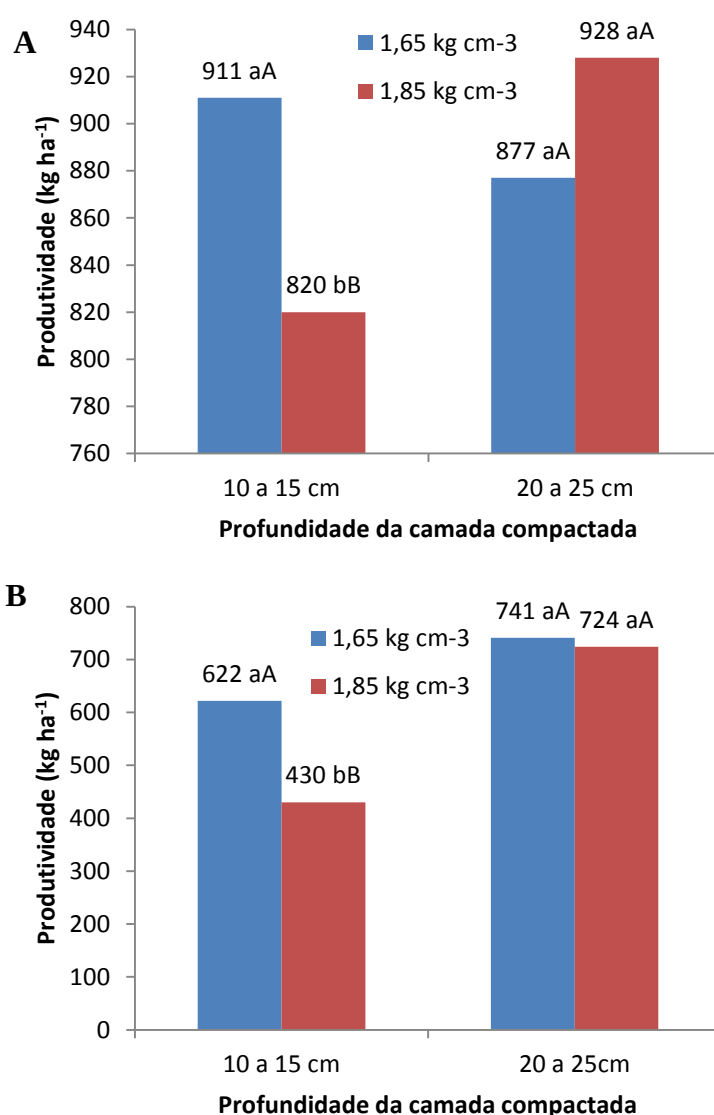


Figura 3. Produtividade de cultivares de feijão caupi BRS Tumucumaque (A) e BRS Potengi (B) submetidas a níveis de densidade em duas camadas de solo.

Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre níveis de densidade na mesma profundidade da camada compactada e letras maiúsculas indicam diferença para uma mesma densidade entre as duas camadas compactadas.

A cultivar BRS Potengi (Figura 3B) apresentou, em média, maior número de sementes por vagem que a BRS Tumucumaque (Figura 3A). Quando a camada compactada era a de 10-15 cm, o maior número de sementes por vagem foi obtido com a menor densidade ($1,65 \text{ kg cm}^{-3}$), para as duas cultivares. O mesmo ocorreu quando a camada compactada era a de 20-25 cm, devendo-se ressaltar que, mesmo não havendo diferença significativa, observa-se que a densidade ($1,65 \text{ Kg cm}^{-3}$) na cultivar BRS Potengi obteve médias maiores.

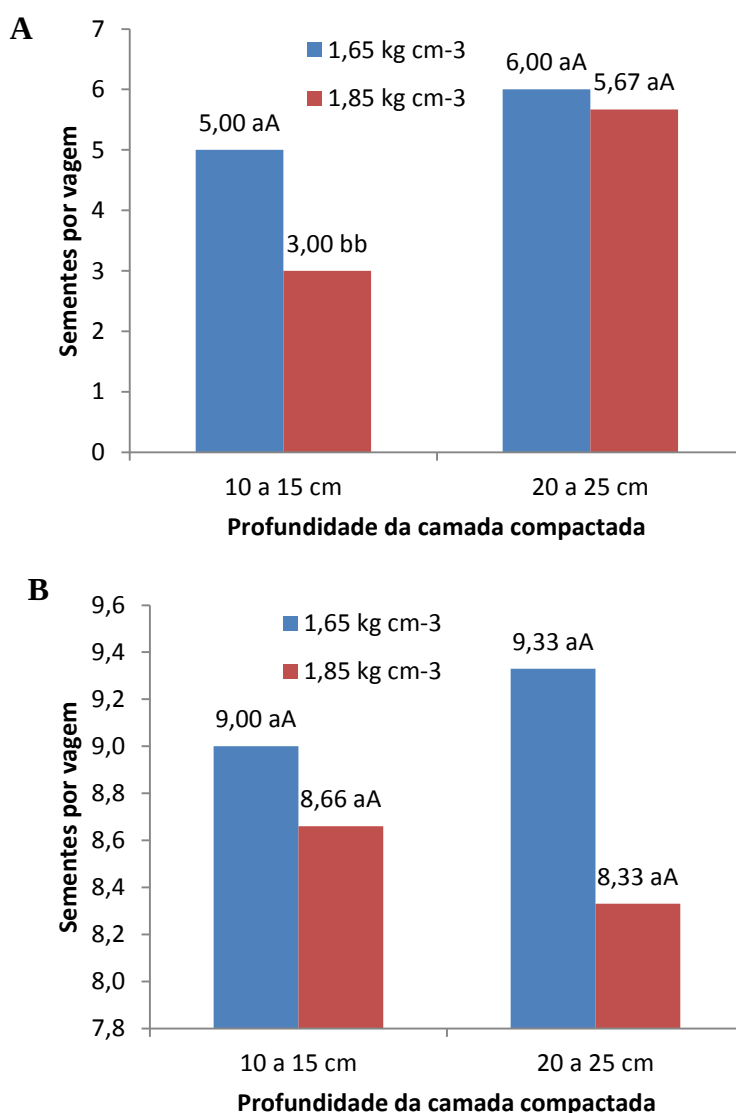


Figura 4. Número de sementes por vagem de cultivares de feijão caupi BRS Tumucumaque (A) e BRS Potengi (B) submetidas a níveis de densidade em duas camadas de solo. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre níveis de densidade na mesma profundidade da camada compactada e letras maiúsculas indicam diferença para uma mesma densidade entre as duas camadas compactadas.

A cultivar BRS Potengi (Figura 4B) apresentou, em média, maior massa de mil sementes do que a BRS Tumucumaque (Figura 4A). Quando a camada compactada era a de

10-15 cm, observa-se que para as duas densidades estudadas a cultivar BRS Potengi apresentou as maiores médias não havendo diferença estatística entre elas. Pode-se verificar que para a camada de 20-25cm, a densidade de (1,85 Kg cm⁻³) obteve as maiores médias em ambas as cultivares.

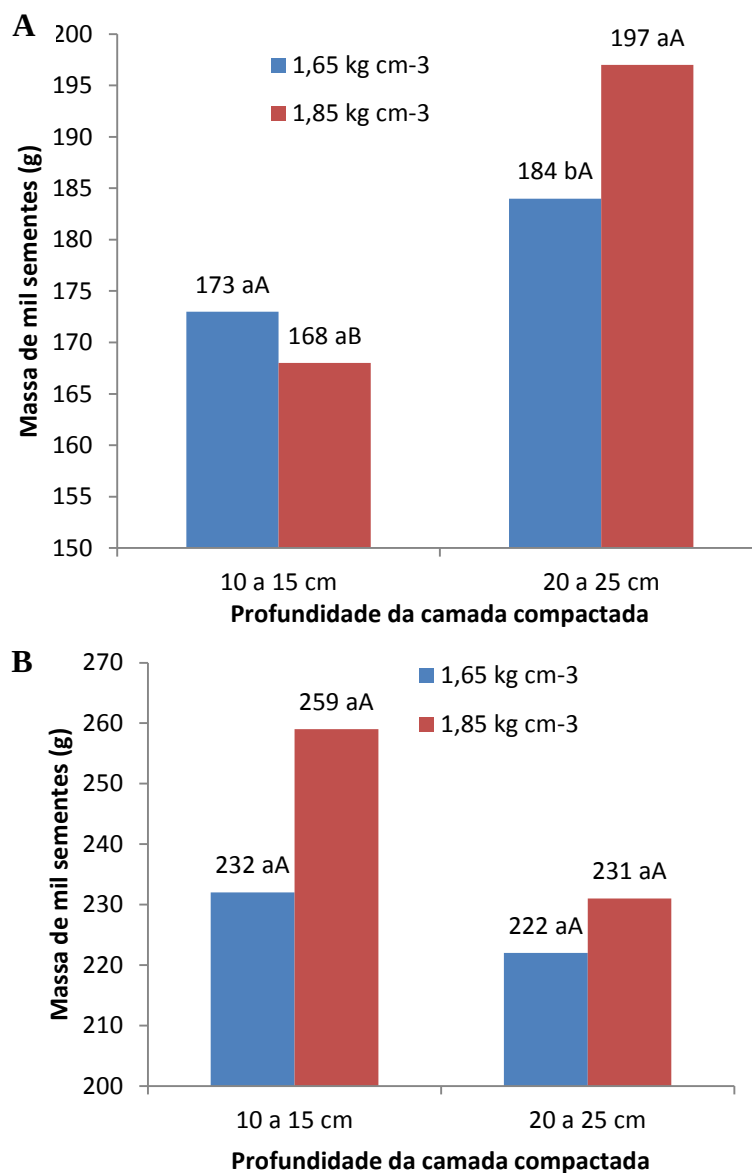


Figura 5. Massa de mil sementes por vagem de duas cultivares de feijão caupi BRS Tumucumaque (A) e BRS Potengi (B) submetidas a níveis de densidade em duas camadas de solo.

Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre níveis de densidade na mesma profundidade da camada compactada e letras maiúsculas indicam diferença para uma mesma densidade entre as duas camadas compactadas.

A cultivar BRS Potengi (Figura 6B) apresentou, em média, maior massa de raízes na camada compactada do que a BRS Tumucumaque (Figura 6A). Para a cultivar BRS Tucumaque na camada compactada de 10-15 cm, as maiores médias foram na densidade (1,65

Kg cm⁻³) havendo diferença estatística entre as densidades estudadas para esta camada de compactação. No entanto para a cultivar BRS Potengi as médias desta camada não deferiram entre si, entretanto a densidade (1,85 Kg cm⁻³) obteve média maior.

Na camada compactada de 20-25cm, não houve diferença estatística na massa das raízes na camada compactada entre as densidades estudadas para a cultivar BRS Tumucumaque, porém a maior média encontrada foi na densidade (1,65 Kg cm⁻³). Para a cultivar BRS Potengi houve diferença estatística entre as densidades estudadas onde a maior média de massa de raízes ocorreu na densidade de (1,85 Kg cm⁻³).

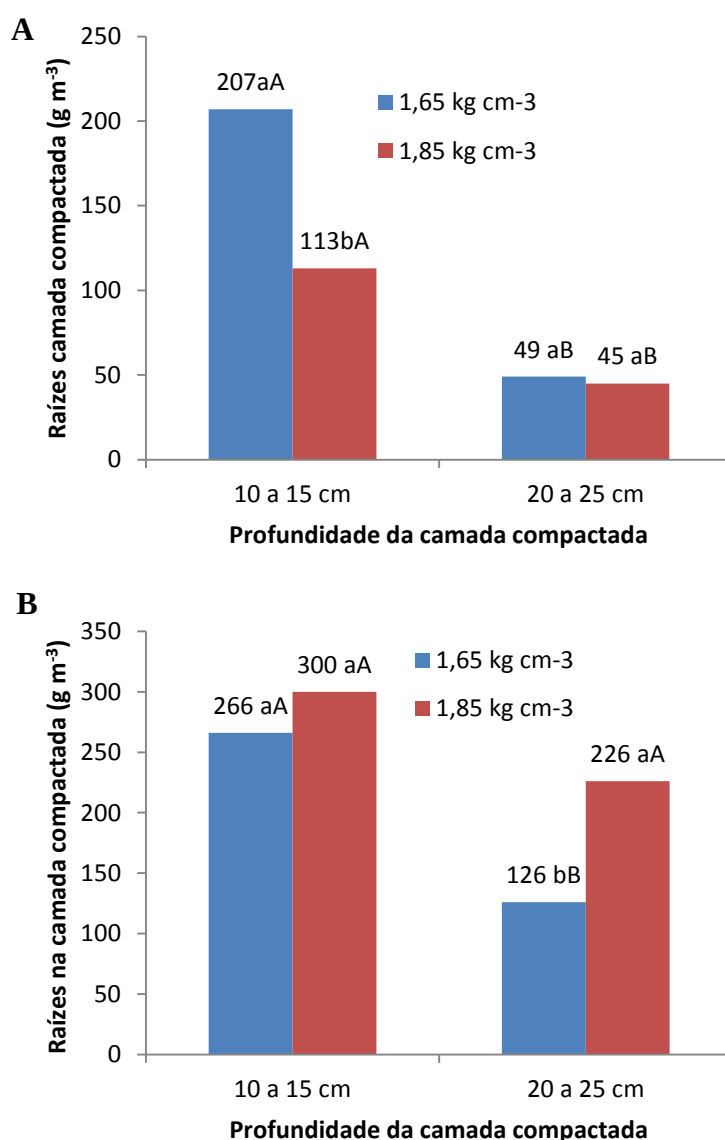


Figura 6. Massa de raízes na camada compactada de duas cultivares de feijão caupi BRS Tumucumaque (A) e BRS Potengi (B) submetidas a níveis de densidade em duas camadas de solo.

Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre níveis de densidade na mesma profundidade da camada compactada e letras maiúsculas indicam diferença para uma mesma densidade entre as duas camadas compactadas.

Quando se comparou os diferentes tratamentos em termos de massa de raízes por camada de solo, também se observa que a cultivar BRS Potengi (Figura 7B) apresentou maior desenvolvimento radicular do que a BRS Tumucumaque (Figura 7A). Em relação à BRS Tumucumaque observa-se que na camada de 0-10 cm não houve diferença de massa de raízes entre os tratamentos. O tratamento com camada compactada entre 10 e 15 cm e densidade de $1,65 \text{ kg cm}^{-3}$ foi o que apresentou maior desenvolvimento radicular, enquanto os outros tratamentos não diferiram.

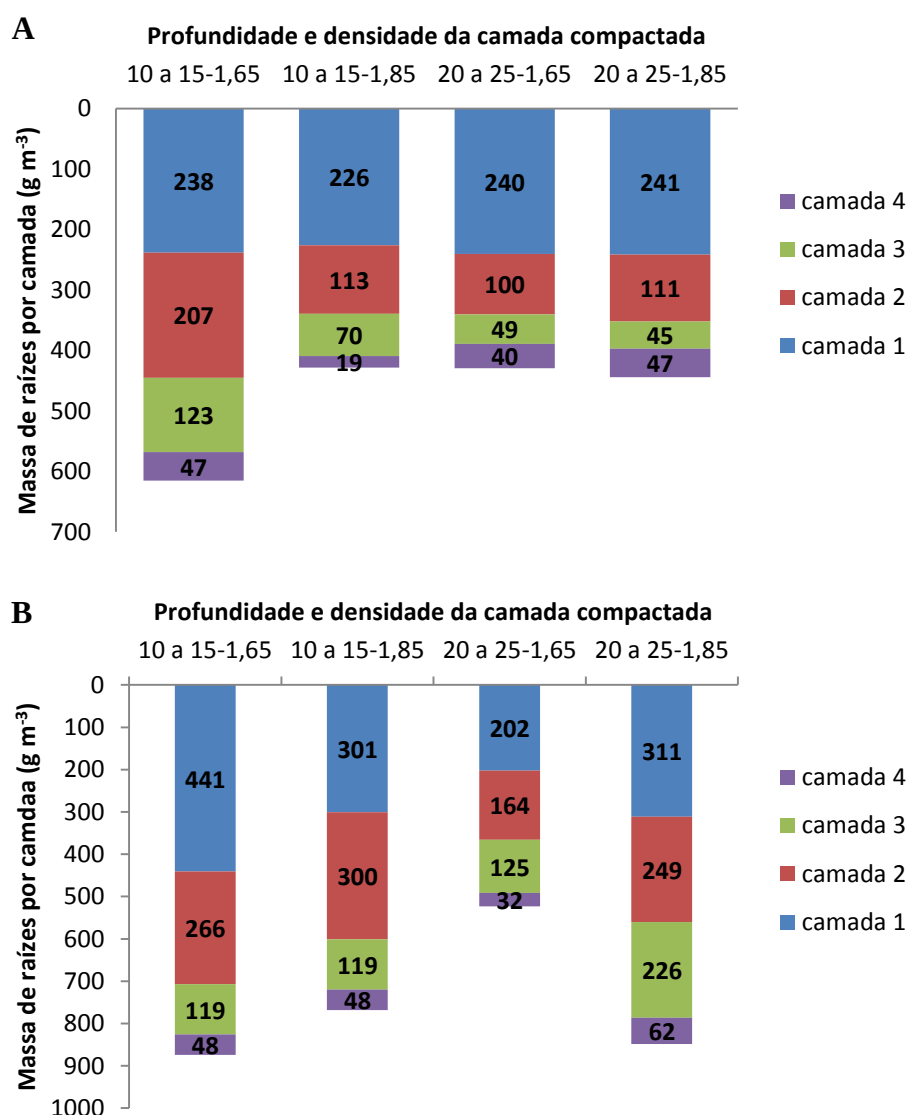


Figura 7. Massa de raízes por camada de solo de duas cultivares de feijão caupi BRS Tumucumaque (A) e BRS Potengi (B) submetidas a níveis de densidade em duas camadas de solo.

Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre níveis de densidade na mesma profundidade da camada compactada e letras maiúsculas indicam diferença para uma mesma densidade entre as duas camadas compactadas.

Em relação à BRS Potengi, a massa de raízes na camada de solo entre 0 e 10 cm foi maior quando a camada compactada era entre 10 e 15 cm e a densidade do solo era de $1,65 \text{ kg cm}^{-3}$

cm^{-3} , porém o desenvolvimento radicular total foi semelhante entre os tratamentos, com exceção daquele no qual a camada compactada era entre 20 e 25 cm e a densidade era de $1,65 \text{ kg cm}^{-3}$, que apresentou a menor massa total de raízes. É importante destacar o grande desenvolvimento radicular total no tratamento com camada compactada entre 20 e 25 cm e densidade de $1,85 \text{ kg cm}^{-3}$, principalmente quanto à massa de raízes na camada de 20 a 25 cm, que se destacou em relação à mesma camada dos outros tratamentos.

5. DISCUSSÃO

Em geral, a cultivar BRS Potengi foi superior à cultivar BRS Tumucumaque em número de sementes por vagem, massa de mil sementes, massa de raízes na camada compactada e massa total de raízes, enquanto que a cultivar BRS Tumucumaque apresentou a maior produtividade. A BRS Potengi apresenta peso de 210 g por 1000 grãos e a BRS Tumucumaque de 204 g para 1000 grãos, segundo os folhetos técnicos lançado pela (EMBRAPA 2009 a,b).

A menor densidade ($1,65 \text{ kg cm}^{-3}$) quando a camada compactada era de 10-15 cm proporcionou maiores produtividades e número de sementes por vagem para as duas cultivares, e maiores massa de mil sementes e massa de raízes na camada compactada da BRS Tumucumaque. Enquanto isso, a maior densidade ($1,85 \text{ kg cm}^{-3}$) proporcionou a maior massa de mil sementes da BRS Potengi. A compactação do solo reduz a altura da planta, a produção de fitomassa verde e seca da parte aérea e da raiz, o número de folhas, o diâmetro do caule e a relação raiz/parte aérea do feijão-caupi e, por isso, sua produtividade (PESSÔA et al. 2015).

A maior densidade ($1,85 \text{ kg cm}^{-3}$) quando a camada compactada era de 20-25 cm proporcionou a maior produtividade da cultivar BRS Tumucumaque, a maior massa de mil sementes das duas cultivares e a maior massa de raízes na camada compactada da BRS Potengi. A menor densidade ($1,65 \text{ kg cm}^{-3}$) proporcionou o maior número de sementes por vagem. Estudos mostram que a compactação do solo pode reduzir o desenvolvimento e a produção das plantas por razão do impedimento mecânico ao sistema radicular, reduzindo o volume de solo explorado e a absorção de água e nutrientes (SOANE, 1990).

Na camada superficial (0-10 cm) não houve diferença de massa total de raízes entre os tratamentos para a BRS Tumucumaque, enquanto que para a BRS Potengi, a massa de raízes nesta camada foi maior quando a camada compactada era de 10-15 cm e a densidade do solo era de $1,65 \text{ kg cm}^{-3}$. Em geral, o desenvolvimento radicular da BRS Potengi foi melhor.

O tratamento com camada compactada de 10-15 cm e densidade de $1,65 \text{ kg dm}^{-3}$ apresentou a maior massa total de raízes da BRS Tumucumaque, enquanto os outros tratamentos não diferiram. A massa total de raízes da BRS Potengi foi semelhante entre os tratamentos, sendo a menor massa total de raízes correspondente ao tratamento com camada compactada de 20-25 cm e a densidade era de $1,65 \text{ kg cm}^{-3}$.

Observa-se grande massa total de raízes no tratamento com camada compactada de 20- 25 cm e densidade de $1,85 \text{ kg cm}^{-3}$, principalmente quanto à massa de raízes na camada de 20 a 25 cm, que se destacou em relação à mesma camada dos outros tratamentos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultivar BRS Potengi apresentou comportamento das variáveis analisadas superior ao da cultivar BRS Tumucumaque, quando submetidas à compactação do solo.

A cultivar BRS Potengi apresentou, em média, maior número de sementes por vagem do que a BRS Tumucumaque.

Quando a camada compactada era a de 10-15 cm, a maior massa de mil sementes foi obtida com a menor densidade ($1,65 \text{ kg cm}^{-3}$), para as BRS Tumucumaque e com a maior densidade ($1,85 \text{ kg cm}^{-3}$) para a BRS Potengi. De maneira diferente, quando a camada compactada era a de 20-25 cm, a maior massa de mil sementes ocorreu na maior densidade, para as duas cultivares.

A cultivar BRS Potengi apresentou, em média, maior massa de raízes na camada compactada do que a BRS Tumucumaque.

Quando se comparou os diferentes tratamentos em termos de massa de raízes por camada de solo, também se observa que a cultivar BRS Potengi apresentou maior desenvolvimento radicular do que a BRS Tumucumaque.

7. REFERÊNCIAS

BARROS, M. A.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F.; SILVA, K. J. D.; NEVES, A. C. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi de porte semiprostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.4, p.403-410, 2013.

BONFIM-SILVA, E. M.; ANICÉSIO, E. C. A.; SILVA, F. C. M.; DOURADO, L. G. A.; AGUERO, N. F. Compactação do solo na cultura do trigo em Latossolo no Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.7, n.12, p.1-8, 2011.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba, SP: ESALQ, 1997. 132p

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. Dados meteorológicos de Mossoró (jan. de 1988 a dez. de 1990). Coleção Mossoroense. Mossoró: ESAM/FGD, 1991. 121p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v.2 - Safra 2014/15, n.10 - Décimo levantamento, Brasília, p. 1-109, julho 2015. Disponível em: <
http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acessado em: 24 fev. 2016.

DAUDA, A.; SAMARI, A. Cowpea yield response to soil compaction under tractor traffic on a sandy loam soil in the semi-arid region of northern Nigeria. **Soil & Tillage Research**, v. 68, n. 1, p. 17–22, 2002.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 23, n. 3, p. 703- 709, 1999.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Soluções Tecnológicas: Feijão-caupi BRS Tumucumaque. EMBRAPA 2009a. Disponível em: <
<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/435/feijao-caupi->

[brs-tumucumaque](#) >. Acessado em: 21/02/2019

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Soluções Tecnológicas: Feijão-caupi BRS Potengi. EMBRAPA 2009b. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/453/feijao-caupi-brs-potengi> >. Acessado em: 21/02/2019

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos, 3ª Edição. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

FAO. Data sets, indicators and methods to assess land degradation in drylands. World soil resources reports, 100. 2003. 122p. Disponível em: <<http://www.fao.org/documents/showcdr.asp?ulrfile=/DOCREP/005/Y4609E/Y4609E00.HTM>>

FREIRE FILHO, F.R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. de. Caupi: nomenclatura científica e nomes vulgares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 12, p. 136-137, 1983.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) In: ARAÚJO, J. P. P. de.; WATT, E. E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Goiânia: Embrapa-CNPAF; Ibadan: IITA, 1988. p. 25-46.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D. SANTOS, A. A. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-Caupi no Brasil: Produção, Melhoramento Genético, Avanços e Desafios**. 1. ed. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p. Disponível

em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84470/1/feijao-caupi.pdf>>

Acessado em: 24 fev. 2016.

GUBIANI, P. I. et al. Ksat 2008 - Programa computacional auxiliar na determinação da condutividade hidráulica de solo saturado pelo método do permeâmetro de carga decrescente. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2008, 17. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008.

LIMA, J. R. S.; ANTONINO, D. A. C.; LIRA, C. A. B. O.; SOUZA, E. S.; SILVA, I. F. Balanço de energia e evapotranspiração de feijão caupi sob condições de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.65-74, 2011.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.531-538, 2001.

NASCIMENTO, S. P. N.; BASTOS, E. A.; ARAUJO, E. C. E.; FILHO, F. R. F.; SILVA, E. M. Tolerância ao deficit hídrico em genótipos de feijão - caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.853-860, 2011.

NG, N. Q.; MARÉCHAL, R. Cowpea taxonomy, origin germ plasm. In: SINCH, S. R.; RACHIE, K. O. (Ed.) **Cowpea research, production and utilization**. Chichester: John Wiley, 1985. p. 11-21.

PESSÔA, U. C. M.; TERCEIRO, E. N. S.; SOUZA, A. S.; FILHO, A. A. S.; PIMENTA, T. A. Interferência de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) e da compactação do solo no crescimento do feijão-caupi. **Revista Verde**, Pombal, v.10, n.5, p.61-69, 2015.

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: Cereta, C.A.; Silva, L.S. da; Reichert, J.M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.5. p.49-134, 2007.

SAMPAIO, E. V. S. B. & SAMPAIO, Y. Desertificação: Conceitos, causas, consequências e

mensuração. Recife, **Universitária UFPE**, 2002. 85p. (Documento, 1).

SANTOS, C.A.F.; ARAÚJO, F.P.; MENEZES, E.A. Comportamento produtivo de caupi em regime irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2229-2234, 2000.

SANTOS, J. A. S., TEODORO, P. E., CORREA, A. M., SOARES, C. M. G., RIBEIRO, L. P.; ABREU, H. K. A. Desempenho agrônômico e divergência genética entre genótipos de feijão-caupi cultivados no ecótono Cerrado/Pantanal. *Bragantia*, Campinas, v.73, n.4, p.377-382, 2014.

SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N. Socioeconomia. In: EMBRAPA. A cultura do feijão-caupi no Brasil. Teresina: **Embrapa Meio-Norte**, p. 6-12. 2016.

SNAKIN, V. V.; KRECHETOV, P. P.; KUZOVNIKOVA, T. A.; ALYABINA, I. O.; GUROV, A. F. & STEPICHEV, A. V. The system of assessment of soil degradation. **Soil Technol.**, 8:331-343, 1996.

SOANE, B.D. The role of organic matter in soil compactability: a review of some practical aspects. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.16, n.1/2, p.179-201, 1990.

STEELE, W. M.; MEHRA, K. L. Structure, evolution and adaptation to farming system and inveronment in Vigna. In: SUMMERFIELD, D. R.; BUNTING, A. H. (Ed.). **Advances in legume science**. England: Royal Botanic Gardens, 1980. p. 459-468.

STRECK, C. A. REINERT, D. J.; REICHERT, J. M; KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, n, 3, p. 755-760, 2004.

TORRES, F. E.; TEODORO, P. E.; SAGRILO, E.; CECCON, G.; CORREA, A. M. Interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos. *Bragantia*, Campinas, v.74, n.3, p.255-260, 2015.