

DANIEL MARIANO LEITE

**AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO POR MEIO  
DE IMAGENS DIGITAIS EM DIFERENTES SISTEMAS DE  
PREPARO DO SOLO NA CULTURA DO FEIJÃO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2011

DANIEL MARIANO LEITE

**AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO POR MEIO  
DE IMAGENS DIGITAIS EM DIFERENTES SISTEMAS DE  
PREPARO DO SOLO NA CULTURA DO FEIJÃO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA EM: 05 de Julho de 2011.

---

Prof. Haroldo Carlos Fernandes

---

Prof. Elpídio Inácio Fernandes Filho

---

Prof. Luciano Baião Vieira  
(Orientador)

*A Deus, aos meus pais José  
Antônio e Maria Júlia, ao meu  
irmão Rafael e a todos que  
ajudaram nesta conquista...  
Ofereço*

*“Quem observa o vento, nunca  
semeará, e o que olha para as  
nuvens nunca segará”  
Ec. 11:4*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao único digno de toda glória e louvor: DEUS.

Aos meus queridos pais, José Antônio e Maria Júlia, pelo amor, carinho e por todo incentivo e apoio incondicional.

Ao meu irmão Rafael pela amizade, força e companheirismo.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade da realização do curso de Mestrado.

Ao Professor Luciano Baião Vieira, pela amizade, orientação, confiança e incentivo na realização deste trabalho.

Ao Professor José Eustáquio Souza Carneiro, por ter cedido a área experimental, pela ajuda na condução do experimento e também pelos esclarecimentos.

Ao Professor Elpído Inácio Fernandes Filho, pelas orientações e sugestões.

Ao professor Nerilson Terra Santos, pelas orientações na parte de estatística.

Ao professor Francisco de Assis de Carvalho Pinto, pelo empréstimo de material de pesquisa e pelas sugestões.

Ao Professor Haroldo Carlos Fernandes, pela amizade, pelos ensinamentos, conselhos e por todo apoio na realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos funcionários do Laboratório de Mecanização Agrícola Danilo, Geraldo, Wantuil e Marcelo, pela ajuda no decorrer do curso.

Aos funcionários da Área Experimental Horta Nova, Gabriel (Beto), José Antônio, Frederico, Antônio, Raimundo (Mú dico) e Vanderlei, por todo apoio na realização do experimento e pela amizade.

Aos amigos Élcio (Lalá), Elton (Pavão), Luis Felipe (Mula) e Marcelo (Baiano), pela amizade, pela ajuda na instalação e condução do experimento e pelas trocas de conhecimentos.

Aos amigos da Mecanização Agrícola, Selma, Enrique, Marconi, Flávio, Wagner (Peixe), Paula, Hêner, Amanda, Raphael (Texano), Rafael Tiburcio, Robson, Cleyton, Marcus (Barba), André, Gustavo, Pedro, Marley, Lorena, Eduardo, Mário (Gerente), Samuel, Geice, Gracielly, Antônio, Marcos, Flora, Frederico, Sérgio e Ronaldo, pela amizade e companheirismo no dia a dia.

Aos amigos de república Valdeir (Taquinho), Denis e Lucas, pela amizade e ajuda.

Aos irmãos da Igreja Cristã Maranata, pelas orações, carinho e apoio.

À minha querida Dione, pelo carinho, amor e apoio.

A todos que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

DANIEL MARIANO LEITE, filho de Maria Júlia Mariano Leite e José Antônio Leite, nasceu no dia 02 de junho de 1987 na cidade de Manhuaçu, Minas Gerais.

Em dezembro de 2005, conclui o curso de Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Alegre.

Em julho de 2009, conclui o curso de Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Em agosto de 2009, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola na área de concentração em Mecanização Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se a defesa de dissertação em agosto de 2011.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. Cultura do feijão .....	3
2.2. Preparo do solo .....	4
2.3. Compactação do solo .....	6
2.3.1. Métodos de reconhecimento da compactação do solo .....	7
2.3.2. Compactação do solo na cultura do feijão .....	8
2.4. Agricultura de precisão .....	9
2.5. Sensoriamento remoto .....	10
2.6. Índices de vegetação .....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
3.1. Caracterização química e textural do solo .....	12
3.2. Sistemas de preparo do solo .....	13
3.3. Máquinas e implementos utilizados .....	13
3.4. Massa seca da cobertura vegetal .....	16
3.5. Plantio e tratos culturais .....	17
3.6. Densidade do solo .....	18
3.7. Resistência do solo à penetração .....	18
3.8. Teste de germinação das sementes .....	20
3.9. Emergência das plântulas .....	20
3.10. Aquisição de imagens .....	21
3.11. Calibração do número digital da imagem em função da reflectância .....	24
3.12. Índices de vegetação .....	25
3.13. Componentes do rendimento e produtividade dos grãos .....	27
3.14. Delineamento e análises estatísticas .....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
4.1. Caracterização da área experimental .....	30
4.1.1. Caracterização química do solo antes do plantio .....	30
4.1.2. Caracterização física do solo .....	31

4.1.3. Densidade do solo.....	31
4.1.4. Resistência do solo à penetração .....	33
4.2. Massa seca da cobertura vegetal .....	34
4.3. Emergência das plântulas.....	34
4.4. Índices de vegetação .....	36
4.5. Estande final .....	41
4.6. Componentes do rendimento e produtividade dos grãos.....	42
5. CONCLUSÕES .....	43
6. REFERÊNCIAS.....	44
APÊNDICE A .....	55

## RESUMO

LEITE, Daniel Mariano, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2011. **Avaliação da compactação do solo por meio de imagens digitais em diferentes sistemas de preparo do solo na cultura do feijão**. Orientador: Luciano Baião Vieira. Co-Orientadores: José Eustáquio de Souza Carneiro e Nerilson Terra Santos.

A produtividade do feijoeiro no Brasil é considerada baixa entorno de 820 kg ha<sup>-1</sup>, podendo atingir valores acima de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, vários fatores ambientais podem limitar o bom desempenho da cultura, principalmente os relacionados ao solo. Nesta forma objetivou-se com a realização deste trabalho avaliar a compactação do solo na cultura do feijoeiro em diferentes sistemas de preparo do solo, por meio de imagens digitais. Este trabalho foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, MG, utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com seis repetições, sendo quatro tratamentos avaliados (plantio direto, preparo convencional, cultivo mínimo utilizando grade niveladora-destorroadora e cultivo mínimo utilizando escarificador), utilizando o software SAS 9.2 para realização das análises estatísticas. Foram avaliados a percentagem de emergência e o índice de emergência das plântulas, a resposta espectral utilizando índices de vegetação, o estande final, os componentes do rendimento e a produtividade final dos grãos. Para a percentagem de emergência e o índice de emergência das plântulas, foram avaliados a emergência das plântulas em um comprimento de 10 m na linha central de cada unidade experimental. Os índices de vegetação (NDVI, RS, GNDVI, VARI, WDRVI e SAVI) foram calculados a partir dos valores dos números digitais das imagens e dos valores estimados da reflectância, para aquisição das imagens foi utilizado uma plataforma contendo duas câmeras digitais, uma sensível na região do visível (RGB) e a outra sensível na região do infravermelho próximo, esta plataforma foi acoplada a um balão inflado com gás hélio. Já, para o estande final, o componente do rendimento e a produtividade dos grãos, foram contabilizados o número de plantas, de vagens, de sementes e a massa de 100 sementes, nas três linhas centrais em 4 m

lineares de cada unidade experimental. De acordo como os resultados obtidos não houve diferença na percentagem de emergência e no índice de velocidade de emergência nos tratamentos. Os índices de vegetação obtidos a partir dos valores dos números digitais das imagens só foram capazes de diferirem os tratamentos aos 70 dias após o plantio. Já, os índices obtidos pelos valores estimados da reflectância diferiram os tratamentos aos 34 e 70 dias após o plantio. O estande final, os componentes do rendimento e produtividade dos grãos não variaram quanto aos sistemas de preparo do solo.

## ABSTRACT

LEITE, Daniel Mariano, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, July, 2011. **Evaluation of soil compaction by means of digital images in different tillage systems soil in the bean crop.** Adviser: Luciano Baião Vieira. Co-Advisers: José Eustáquio de Souza Carneiro and Nerilson Terra Santos.

The productivity of beans in Brazil is considered low around 820 kg ha<sup>-1</sup>, can reaching values above 3000 kg ha<sup>-1</sup>, several environmental factors may limit the performance of culture, especially those related to the soil. In this form it was objectified with the accomplishment of this work to evaluate the compacting of the ground in the culture of beans in different systems of preparation of the ground, by means of digital images. This study was conducted at the Universidade Federal de Viçosa, in Viçosa, MG, we used the randomized block design with six replicates, four treatments evaluated (tillage, conventional tillage, minimum tillage using grate and minimum tillage scarificator) using the SAS 9.2 software to perform the statistical analysis. We evaluated the percentage of emergence and seedling emergence index, the spectral response using vegetation indices, the final stand, yield components and final yield of grain. For the emergence percentage and rate of seedling emergence, were assessed in seedling emergence in a length of 10 m on the center line of each experimental unit. Vegetation indices (NDVI, RS, GNDVI, VARI, WDRVI and SAVI) were calculated from the values of the numbers of digital images and the estimated values of reflectance, for the acquisition of images was used a platform containing two digital cameras, a sensitive in the visible (RGB) and the other sensitive to near infrared region, this platform was attached to a balloon inflated with helium gas. Already, for the final stand, the component of income and productivity of grains were counted the number of plants, pods, seeds and the mass of 100 seeds in the three central lines in 4 linear meters of each experimental unit. According to the results found no difference in emergence percentage and emergence rate index in treatments. Vegetation indices derived from the values of the numbers of digital images were only able to

differ from the treatments at 70 days after planting. Already, the indices obtained by the estimated values of reflectance differed treatments at 34 and 70 days after planting. The final stand, yield components and grain yield did not vary as to the systems of tillage.

## 1. INTRODUÇÃO

O manejo do solo e os tratos culturais geram alterações nas propriedades físicas do solo, deste modo o estudo da qualidade física do solo é de extrema importância por se tratar de um componente fundamental na produção agrícola.

O crescimento vegetal está diretamente relacionado com a compactação do solo. Solos compactados limitam o desenvolvimento das plantas, restringindo o crescimento radicular, afetando no volume explorado das raízes, na disponibilidade de água, de oxigênio, além de alterar a temperatura interna do solo.

Na maioria das vezes não é possível visualmente a detecção da compactação, desta forma muitos autores relatam a compactação do solo como uma ameaça “invisível” à produção. Nestes casos geralmente são utilizados penetrômetros para avaliação da compactação.

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, no entanto sua produtividade é considerada baixa em relação a outros países produtores, esta baixa produtividade é devida principalmente as condições ambientais, ao manejo inadequado da cultura e do solo.

Aproximadamente 95% das raízes do feijoeiro estão localizadas na faixa de 0 a 0,20 m de profundidade no solo. Por se tratar de uma cultura sensível a restrição radicular, altos valores de compactação podem resultar em um decréscimo significativo da produtividade.

Vem se tornando comum a utilização de técnicas de sensoriamento remoto em estudo do comportamento de culturas agrícolas, onde avalia-se a resposta espectral da cultura relacionada à variabilidade da fertilidade do solo, do ataque de pragas e de doenças, de estresse hídrico entre outras variáveis.

Teve-se como hipótese nesta pesquisa que é possível discriminar áreas compactadas de solo a partir de índices de vegetação, tendo em vista que, as plantas podem mudar a sua propriedade espectral caso o solo esteja compactado.

Desta forma, objetivou-se neste trabalho avaliar o uso de índices de vegetação na discriminação de áreas com distintas compactações do

solo, obtidos por diferentes sistemas de preparo do solo, na cultura do feijoeiro, em diferentes estádios fenológicos, utilizando um sistema de sensoriamento remoto sub-orbital de baixo custo na obtenção de imagens digitais.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar se distintas compactações do solo proporcionam diferentes médias de percentagem e índice de velocidade de emergência das plântulas;
- Analisar alguns índices de vegetação na discriminação de áreas compactadas utilizando o número digital das imagens e valores estimados de reflectância;
- Avaliar se distintas compactações do solo proporcionam diferentes médias do estande final, dos componentes do rendimento e da produtividade de grãos da cultura.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Cultura do feijão

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos principais componentes da alimentação básica da população brasileira, como importante fonte de proteínas e calorias, sendo uma das principais culturas de exploração agrícola (BORÉM & CARNEIRO, 2008; SORATTO, 2002).

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, sendo responsável por 17,3% da produção mundial. Em seguida está a Índia com 16,3% (FAO, 2011). A produção nacional está concentrada em pequenas e médias propriedades sendo responsável por 67% da produção (EMBRAPA, 2004).

A demanda nacional do feijão cresceu 9%, passando de 3,2 milhões de toneladas na safra 2004/05, para 3,5 milhões de toneladas na safra 2008/09 (CONAB, 2009).

O feijão apresenta uma vasta adaptação edafoclimática, permitindo assim, seu cultivo durante todo o ano em quase todo país em diferentes épocas e safras (SALVADOR, 2009).

O cultivo do feijão é realizado normalmente em três safras, denominadas como “safra das águas”, “safra da seca” e “safra de outono/inverno”, sendo o plantio outubro-novembro, fevereiro-março e abril-julho respectivamente (ARAÚJO & FERREIRA, 2008).

A produtividade do feijoeiro pode ficar acima de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, no entanto a média nacional está entorno de 820 kg ha<sup>-1</sup>. A baixa produtividade é devido às condições ambientais, métodos culturais ineficientes de manejo, fertilidade do solo, disponibilidade de água, entre outros fatores (ROCHA et al., 2011).

Binotti et al. (2008) relatam que a uma boa produtividade não só está relacionada a uma boa genética das variedades ou só do manejo apropriado da cultura, mas também da qualidade das sementes adquiridas pelo produtor.

## 2.2. Preparo do solo

O preparo do solo consiste em criar um ambiente propício para o cultivo, de modo que o sistema radicular explore o solo sem grandes dificuldades.

Na literatura encontram-se muitos métodos de preparo do solo, no entanto, três são os mais utilizados: preparo convencional, cultivo mínimo e plantio direto.

O preparo convencional é constituído por duas etapas, a primeira etapa geralmente é realizada por arados ou grades pesadas, esta etapa é encarregada pela desestruturação grosseira do solo e a inversão da leiva. Já a segunda etapa utiliza-se grades leves ou escarificadores, que tem o papel de diminuir o tamanho dos agregados e o nivelamento do solo.

Mello (2004) estudando as alterações físicas do solo provocadas pelo arado de disco verificou que, o diâmetro médio geométrico dos agregados apresentou diferenças significativas em função da velocidade de deslocamento do arado e do ângulo horizontal dos discos. O aumento na velocidade de deslocamento e do ângulo dos discos proporcionou menor diâmetro médio geométrico.

As grades estão entre os implementos agrícolas mais utilizados para mobilização do solo. Estima-se que no Brasil 1,0 milhão de hectares por ano são mobilizados para a reforma de canaviais com a utilização de grades. Na cultura do milho 9,0 milhões de hectares foram plantados após o preparo convencional do solo na safra 2004-2005 (FNP, 2006).

Buscando a conservação dos recursos naturais, os sistemas de preparo que reduzem a mobilização do solo, o preparo reduzido ou cultivo mínimo e o plantio direto, têm sido boas opções para o agricultor, pois além de consumirem menos energia conservam o solo (GREGO, 1999).

Os sistemas conservacionistas são caracterizados pelo revolvimento mínimo do solo e pela manutenção de cobertura morta.

Segundo Machado et al. (2005) o cultivo mínimo tem o objetivo de romper somente a camada superficial do solo, geralmente este método de preparo do solo utiliza escarificadores ou grades. O escarificador é capaz de atuar até uma profundidade de 0,30 m, suas hastes ao romper solo

gera um efeito tridimensional mantendo grande parte da cobertura vegetal na superfície, ou seja, desagregando o solo sem inversão da leiva, diminuindo a erosão, melhorando a infiltração, retenção de água, estrutura e a porosidade do solo. Já o uso a grade é recomendado em solos descompactados e com pouca vegetação, no intuito de preparar o leito de semeadura e minimizar custos.

Mahl et al. (2005) avaliando a influência da operação de escarificação ao longo do tempo, observou que, após o período de 4 meses a escarificação reduziu significativamente a resistência do solo à penetração, até a profundidade de atuação das hastes do escarificador (0,30 m), e, após o período de 18 meses, o efeito da escarificação sobre a resistência do solo à penetração ocorreu apenas na camada superficial do solo (0,05 e 0,10 m).

Klein et al. (2008) analisando a cultura do trigo, constataram que o potencial de água no solo na área escarificada em relação ao sistema plantio direto diminuiu em 5% a densidade do solo, aumentando a porosidade total e alterando a dinâmica da água no solo, o que proporcionou maior volume de poros livres de água (7,6%) durante todo o ciclo da cultura do trigo e aumentou significativamente o rendimento de grãos em 682 kg ha<sup>-1</sup>, constatando o efeito positivo da escarificação do solo.

O sistema de plantio direto é um método que mobiliza o solo apenas na linha de semeadura, mantendo a cobertura do solo e a diversificação biológica, o que propicia características físicas adequadas ao desenvolvimento normal das plantas (ANDREOLA; COSTA & OLSZEWSKI, 2000), além de preservar o solo contra erosão.

Segundo Alves & Susuki (2004) o plantio direto têm sido um grande recurso na recuperação das propriedades físicas do solo na sua camada superficial. No entanto, a adoção deste sistema requer um aumento na aplicação de agroquímicos para o controle de pragas e doenças.

### **2.3. Compactação do solo**

A compactação do solo é a compressão do solo não saturado, o que ocorre um aumento da densidade, a redução de volume é ocasionado pela expulsão do ar (DIAS JUNIOR & PIERCE, 1996).

Muitas vezes a compactação é confundida com o adensamento do solo que é a deposição de partículas menores nos espaços porosos, devido à desagregação da estrutura física do solo, causando aumento da massa de determinadas regiões do solo e mantendo constante o volume inicial, aumentando a densidade do solo, porém, sem participação direta de pressão (STONE et al. 2002).

Dos efeitos da compactação do solo destacam-se o aumento da densidade e da resistência do solo à penetração, como também a redução da porosidade e da permeabilidade do solo (STONE et al., 2002; SILVA et al., 2002).

Strudley et al. (2008) relatam que a compactação está intimamente ligada ao desenvolvimento das plantas e a qualidade física do solo.

Segundo Hakansson et al. (1998) em solos compactados, há um menor desenvolvimento do sistema radicular, devido o menor volume de solo explorado pelas raízes e, conseqüentemente, menor absorção de água e nutrientes.

A compactação excessiva do solo além limitar a adsorção e/ou absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água e também trocas gasosas (GUIMARÃES et al., 2002), pode aumentar as emissões de N<sub>2</sub>O para atmosfera (RUSER et al., 2006).

Raghavan e Mickyes (1983) descreve que a compactação do solo pode apresentar efeitos benéficos, como o contato solo-semente, no entanto Reis (2000), comentou que a compactação acima da capacidade de suporte do solo ao redor da semente pode provocar impedimentos à germinação.

As atividades que envolvem tráfego e mobilização de máquinas agrícolas alteram a estrutura compactando o solo e modificam as condições que determinam o ambiente de crescimento radicular (REICHERT, 2009; LIMA et al., 2006; BOTTA et al., 2008).

Em solos com a presença de “pé de grade”, a compactação promove maior desenvolvimento radicular na região superior à camada compactada, como forma de compensar a redução do desenvolvimento radicular na camada de solo compactada, diminuindo o volume explorado das raízes (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2000; GUIMARÃES et al., 2002; SILVA et al., 2000). O que pode resultar em decréscimo da produção e o aumento da erosão do solo.

Quanto maior a compactação do solo, maior é a potência demandada ao trator para realização do preparo do solo, resultando em um maior custo de operação (SOANE, 1990; BEULTER & CENTURION, 2004).

### **2.3.1. Métodos de reconhecimento da compactação do solo**

Vários métodos são utilizados para reconhecimento da compactação do solo, entre eles abertura de trincheiras, visualização da cobertura vegetal, densidade do solo e resistência do solo à penetração.

A abertura de trincheira consiste na observação do sistema radicular, sobretudo em relação a compactação subsuperficial ou pé de grade. Quando há a compactação subsuperficial é possível observar uma grande concentração de raízes na camada superficial, por não conseguir atravessar a camada compactada (SÁ & SANTOS JÚNIOR, 2005).

Outra forma de detecção da compactação é a determinação da densidade do solo, que é a razão entre a massa de uma amostra de solo seco e o volume ocupado por esta amostra, mas, no entanto os valores de densidade variam de solo para solo e também de difícil correlação com o crescimento vegetal (SÁ & SANTOS JÚNIOR, 2005).

No intuito de solucionar este problema, pode-se utilizar a densidade relativa, que é a razão entre a densidade do solo pela densidade máxima, alcançada em amostra compactada no ensaio de Proctor ou no ensaio de compressão uniaxial. Hakansson e Lipiec (2000) afirmam que a densidade relativa isola o efeito da textura na densidade

do solo, sendo possível comparar solos de diferentes texturas quanto o nível de compactação.

A forma mais usual na determinação da compactação do solo é a penetrometria, que consiste na inserção de uma ponta cônica de área conhecida e na mensuração da força exercida na penetração. A norma ASAE S313.3 descreve a resistência do solo à penetração como a pressão exercida sobre um cone maciço com ângulo de 30°. Esta norma especifica dois padrões de cone, sendo um de 323 mm<sup>2</sup> e 20,27 mm de diâmetro de base e o outro com 130 mm<sup>2</sup> e 12,83 mm de diâmetro de base (ASAE, 2009).

Para determinação da resistência do solo à penetração podem ser usados penetrômetros ou penetrógrafos, os penetrômetros realizam avaliações pontuais de resistência à penetração, já o os penetrógrafos registram a resistência ao longo do perfil do solo. Ambos os equipamentos utilizam do mesmo princípio de funcionamento, variando apenas quanto ao modelo, tendo vários tipos como os de impactos, os de mola dinamométricas e os digitais que utilizam células de carga (SÁ & SANTOS JUNIOR, 2005).

Martins (2010) propôs uma metodologia para identificar a compactação do solo por meio de sensoriamento remoto, utilizando um balão não tripulável para aquisição de imagens digitais. No entanto, não foi possível a distinção dos tratamentos impostos.

### **2.3.2. Compactação do solo na cultura do feijão**

A cultura do feijão é muito sensível à compactação do solo, desta forma o manejo adequado do solo é essencial para uma boa produção (GUIMARÃES et al., 2002).

Silva et al. (1994) relatam que em valores de resistência à penetração acima de 2,0 MPa são considerados como limite crítico para um bom desenvolvimento radicular.

Collares et al. (2008) constataram que a compactação não só afetou o crescimento radicular como também a área foliar do feijoeiro.

Já, Alves et al. (2003) estudando a cultura do feijão em um Latossolo Vermelho distroférico, observaram que a produtividade de matéria seca apresentou redução linear em função do acréscimo do nível de compactação. No entanto, em um Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa, estes mesmos autores constatam que a produtividade de matéria seca obteve um comportamento quadrático, aumentando até um nível de compactação de 70% (densidade relativa de 0,7) e decrescendo a partir desse valor.

Silva et al. (1991) verificaram a influência da compactação do solo entorno das sementes de feijão, alteram o comportamento hídrico do solo na região de semeadura, além de elevar a densidade e a resistência à penetração no plano vertical da linha de semeadura. A velocidade de emergência e a percentagem de emergência total das plantas de feijoeiro também foram afetadas pela compactação, à medida que a compactação aumentou, as plântulas tiveram sua emergência retardada.

#### **2.4. Agricultura de precisão**

A agricultura de precisão permite o manejo em sítio específico da área de cultivo, com base em informações que demonstram a variabilidade espacial dos fatores que envolvem a produção, com o objetivo de aumentar a eficiência do processo produtivo (QUEIROZ et al., 2000). Sendo assim, a forma de manejo de cada subdivisão é de acordo com as necessidades reais, minimizando as agressões ambientais e desperdícios de insumos (VARELLA, 2004).

O sensoriamento remoto é uma das ferramentas utilizadas pela agricultura de precisão, onde as imagens adquiridas são transformadas em índices de vegetação, que se pode correlacionar com alguma variável da cultura em estudo (ABRAHÃO et al., 2009).

## 2.5. Sensoriamento remoto

Meneses (2001) descreve que o sensoriamento remoto é uma técnica utilizada para coletar dados de objetos por instrumentos que não estejam em contato físico como os objetos investigados.

Segundo YI et al. (2007) e Ramirez et al. (2010), o sensoriamento remoto permite obter informações úteis para o acompanhamento e tomada de decisão no manejo das culturas agrícolas, uma vez que possibilita a identificação de áreas agrícolas e suas dinâmicas.

Na agricultura, o sensoriamento remoto tem sido uma grande ferramenta na identificação de áreas que apresentam: estresse hídrico; infestação de pragas e doenças; variabilidade de fertilidade do solo; estimativa de produtividade; entre outros usos.

No entanto, apesar de fornecer inúmeras aplicações, ligações precisas entre variáveis de sensoriamento remoto e sistemas biofísicos, são bastante complexas, o que Epiphany et al. (1996) ressaltam como grandes desafios em pesquisas em sensoriamento remoto.

Os sistemas de aquisição de imagens convencionais são caros e de difícil operação. Entretanto Jesen et al. (2007) utilizaram um sistema com balões inflados a gás hélio não tripuláveis, e câmeras comerciais com filtros na região do visível e infravermelho, no intuito de minimizar esses custos. Reis (2009) relata que além da vantagem de ser de baixo custo destaca-se a facilidade de manuseio, a possibilidade de controle da altura.

Reis (2009) utilizou um sistema de sensoriamento remoto de baixo custo na avaliação da rugosidade superficial do solo, descreve que a utilização imagens digitais mostraram confiáveis para o estudo da rugosidade superficial do solo.

## 2.6. Índices de vegetação

Os índices de vegetação são modelos matemáticos utilizados para avaliar a cobertura vegetal, que geralmente são correlacionados com algumas variáveis mensuradas em campo (BARBOSA, 2006). Estes índices podem ser calculados a partir de dados dos valores de radiância, reflectância ou diretamente dos números digitais das imagens (BAUERMANN, 2008).

Os índices de vegetação são importantes instrumentos em análises e detecção de mudanças ocorridas na superfície terrestre em especial na cobertura vegetal.

Com o objetivo de explorar as propriedades espectrais da vegetação inúmeros índices de vegetação têm sido propostos na literatura, especialmente relacionando as regiões do visível e do infravermelho próximo (PONZONI & SHIMABUKURO, 2007).

Os índices mais utilizados são o Índice de Razão Simples (SR) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o SR foi o primeiro índice a ser usado (JORDAN, 1969), o NDVI é muito utilizado no monitoramento de cobertura vegetal e na detecção de desmatamentos e queimadas, como indicador de secas e com parâmetro para estimativa de produtividade agrícola (LIRA et al., 2008).

Moges et al. (2004) descrevem que os índices vegetativos NDVI e GNDVI são amplamente utilizados para avaliar o status nutricional das plantas e da biomassa e a concentração de nutrientes.

Silva Júnior et al. (2008) relatam que os índices de vegetação NDVI, GNDVI, SAVI e o GNDVI foram capazes de detectar variação no status nutricional em *Brachiaria decumbens*.

Martins (2010) avaliando os índices de vegetação NDVI, GNDVI e SAVI observou que não apresentaram significância com relação à compactação do solo. No entanto, o próprio autor relata que houve um aumento nos valores desses índices com o incremento da compactação.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em uma área experimental pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Viçosa-MG, à 20° 45' 38" latitude sul e 42° 49' 30" de longitude oeste, com altitude de 693 m. O solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico segundo a classificação da Embrapa (1999), com declividade média de 1%.

A região é caracterizada pelo relevo montanhoso (85%). O clima é mesotérmico úmido conforme a classificação de Köppen (1948), com verões quentes e invernos secos. Com temperatura máxima média de 26,1 °C e temperatura mínima média de 14,0 °C.

#### **3.1. Caracterização química e textural do solo**

Na área experimental foram coletadas amostras simples de solo que comporam uma amostra composta, na faixa de 0 a 0,20 m de profundidade. Em seguida, estas amostras foram encaminhadas para serem analisadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

De posse dos resultados da análise química e física do solo foram realizadas recomendações para adubação de plantio.

### 3.2. Sistemas de preparo do solo

Os tratamentos foram constituídos de quatro formas de preparo do solo, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos estudados

Tratamentos	Descrição
PC	Plantio convencional, constituído de uma aração e duas gradagens, na profundidade de 0,3 m;
CM-E	Cultivo mínimo, executado com escarificador, na profundidade de 0,25 m;
CM-G	Cultivo mínimo, executado com grade destorroadora-niveladora;
PD	Plantio direto.

### 3.3. Máquinas e implementos utilizados

Na condução do experimento foram utilizados as seguintes máquinas e implementos:

- Escarificador de 6 hastes, marca Marsey Ferguson, modelo 225, montado ao sistema de levante hidráulico do trator (Figura 1);



Figura 1 – Escarificador.

- Arado reversível com 3 discos de 26", marca IMAF, modelo UP 328, montado ao sistema de levante hidráulico do trator (Figura 2);



Figura 2 – Arado reversível.

- Grade destorroadora-niveladora de 24 discos (Tandem), marca Baldan, montado ao sistema de levante hidráulico do trator (Figura 3);



Figura 3 – Grade destorroadora-niveladora.

- Semeadora-adubadora de 4 linhas, marca Vence Tudo, modelo SA 11500 (Figura 4);



Figura 4 – Semeadora-adubadora para plantio direto.

- Trator Valtra Valmet, modelo 800 L, com tração dianteira auxiliar (TDA), 59 kW de potência nominal (Figura 5).



Figura 5 – Trator Valtra Valmet, modelo 800 L.

#### 3.4. Massa seca da cobertura vegetal

A cobertura vegetal na área experimental (*Bidens pilosa* L., *Commelina diffusa*, *Euphorbia heterophylla* L. e restos de cultura de milho) foi dessecada quimicamente com o utilizando herbicida Roundup® (Glifosato) em uma dosagem de 2 L ha<sup>-1</sup>, 10 dias antes da aplicação dos tratamentos.

Para a coleta do material, utilizou-se um quadrado de madeira de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 x 0,5 m), conforme na Figura 6. Foram coletadas dez amostras aleatórias na área experimental, que foram secas até atingir massa constante, em estufa a 65° C, conforme metodologia descrita por Chaila (1986). Após secagem foi obtida a massa seca da cobertura vegetal onde se calculou a média das massas das amostras e o resultado foi transformado em toneladas por hectare (t ha<sup>-1</sup>).



Figura 6 – Quadrado de madeira utilizado na coleta da massa seca.

### 3.5. Plantio e tratos culturais

Foi utilizada a espécie de feijão-comum *Phaseolus vulgaris* L., cultivar BRSMG Madrepérola (Figura 7).



Figura 7 – Cultivar BRSMG Madrepérola.

A condução do experimento ocorreu na safra da “seca” (VIEIRA & VIEIRA, 1995), tendo sido semeado no dia 23 de fevereiro de 2011.

A semeadora-adubadora foi regulada para trabalhar em um espaçamento de 0,45 m entre linhas, distribuindo 15 sementes por metro linear, depositando a semente a 0,03 m de profundidade. Para a

adubação de plantio foi utilizado uma dosagem de 350 kg ha<sup>-1</sup> na formulação NPK 8-28-16.

Aos 28 e 59 dias após o plantio foi realizado o controle de plantas daninhas utilizando o herbicida seletivo Flex<sup>®</sup> (FOMESAFEN) em uma dosagem de 1,0 L ha<sup>-1</sup>. Já o controle entre as parcelas foi realizado por meio de capina manual.

No início do florescimento foi aplicado o fungicida Frowncide 500 SC<sup>®</sup> (FLUAZINAM) a uma dosagem de 1,0 L ha<sup>-1</sup>.

### 3.6. Densidade do solo

Para cada unidade experimental foi determinada a densidade do solo pelo método do anel volumétrico EMBRAPA (1997), com auxílio de um trado para amostra indeformada (Figura 8), na faixa de 0 a 0,30 m de profundidade, estratificadas a cada 0,1 m, em 3 repetições.



Figura 8 – Trado utilizado para coleta de amostras indeformadas.

### 3.7. Resistência do solo à penetração

Para determinação da resistência do solo à penetração foi utilizado um penetrômetro geo-referenciado da marca DLG, modelo PNT – 2000 (Figura 9), utilizando a ponta cônica tipo 2 com área de 129 mm<sup>2</sup>. Foram

feitas amostragens em 15 pontos por unidade experimental, na profundidade máxima de 400 mm, sendo que resistência à penetração foi registrada a cada 10 mm de profundidade.



Figura 9 – Penetrômetro DLG, modelo PNT – 2000.

As características do penetrômetro utilizado estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Características do penetrômetro PNT-2000

Tipo	Parâmetro
Alimentação	Bateria interna recarregável de 3,6 Vcc Carregador de bateria “inteligente” com fonte de 110/220 Vca
Tipos de cone	De acordo com a norma ASAE S313.3: - Cone tipo 1: 323 mm <sup>2</sup> - Cone tipo 2: 129 mm <sup>2</sup> Não normalizados - Cone tipo 3: 71,25 mm <sup>2</sup>
Profundidade máxima de penetração	600 mm
Medição de força	Célula de carga de capacidade máxima de 1000 N
Medição de profundidade	Por meio de sensor ultra-sônico, com precisão de 1 mm
Capacidade de memória	768 ensaios

Fonte: DLG (2011)

Também foram coletadas amostras deformadas de solo em cada unidade experimental para a determinação do teor de água, pelo método gravimétrico em estufa a 105 °C por 24 h.

As amostras referentes à densidade do solo, resistência do solo à penetração e teor de água no solo foram coletadas logo após o plantio.

### **3.8. Teste de germinação das sementes**

O teste de germinação das sementes foi realizado no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foi utilizado como substrato o papel germitest, umedecido com água destilada (proporção de 2,5:1, peso da água: peso do papel), em quatro repetições de 50 sementes, acondicionadas em um germinador à temperatura constante de 25 °C. A avaliação dos resultados seguiu as recomendações da Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009). A germinação das sementes foi de 99%.

### **3.9. Emergência das plântulas**

O percentual e o índice de velocidade de emergência de plântulas foram avaliados em um comprimento de 10 m na linha central da parcela.

Iniciou-se a contagem das plântulas no primeiro dia de emergência, que se deu no quinto dia após a semeadura e encerrou-se quando a emergência das plântulas foi estabilizada, que ocorreu no décimo primeiro dia após a semeadura.

Para a determinação do índice de velocidade de emergência de plântulas foi utilizado a Equação (1), adaptada de Maguire (1962).

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n} \quad (1)$$

em que,

$IVE$  = índice de velocidade de emergência;

$E_1, E_2, E_n$  = número de plântulas emergidas na primeira, segunda, ..., última contagem; e

$N_1, N_2, N_n$  = número de dias da sementeira a primeira, segunda, ..., última contagem.

A determinação da percentagem de emergência foi calculada conforme a Equação (2).

$$PE = \frac{Np}{Ns} 100 \quad (2)$$

em que,

$PE$  = percentagem de emergência;

$Np$  = número de plantas emergidas; e

$Ns$  = número de sementes viáveis distribuídas na linha de plantio pela semeadora.

### 3.10. Aquisição de imagens

Foram feitas sete coletas de imagens nos dias 27, 34, 41, 55, 62, 66, e 77 após o plantio.

O sistema de aquisição de imagens utilizado foi composto por um balão inflável e uma plataforma para aquisição de imagens.

Foi utilizado um balão da marca Skyhook Helikite (Figura 10) inflado com gás hélio (99,999% de pureza). Este balão é uma combinação de balão com pipa, que proporciona um vôo com altitude e direção estável, utilizando o gás hélio e a força do vento como elementos propulsores. Sua orientação foi feita por meio de uma corda.

O balão possui o comprimento de 2,13 m, uma forma elipsoidal que origina um volume interno aproximado de 2,0 m<sup>3</sup>. Sua capacidade de

levante na vertical é de 1,2 Kg sem vento e 4,8 Kg com ventos de até 24 km h<sup>-1</sup>, atingindo uma altitude de até 1676,4 metros sem carga (ALLSOPP HELIKITES LIMITED, 2011).

Devido às condições ambientais e o peso da plataforma de aquisição houve a necessidade de adicionar balões do tipo “Big” com 25” de diâmetro, inflados com gás hélio, no intuito de auxiliar o levante da plataforma de aquisição de imagens (Figura 11).



Figura 10 – Balão Skyhook Helikite.



Figura 11 – Balão Skyhook Helikite após a adição dos balões tipo “Big”.

A plataforma de aquisição de imagens foi composta de duas câmeras digitais e o sistema acionador das câmeras (Figura 12).

Foram utilizadas câmeras digitais da marca FUJIFILM, modelo FinePix Z20fd, que foram acionadas simultaneamente por um sistema de transmissão de dados via radiofrequência, ativado por um controlador manual (Figura 12). Essas câmeras são equipadas com um CCD (“charge-coupled device”) de 1/2,5”. Sendo que em uma das câmeras foi removido o filtro limitador de sensibilidade da faixa do infravermelho (695 a 1050 nm) e acoplado um filtro óptico modelo RT-830 ( 725 a 1000 nm) para aquisição de imagens na banda do infravermelho próximo. As câmeras foram configuradas com resolução de 10 mega pixels.



(A)



(B)

Figura 12 – (A) plataforma de aquisição de imagens e (B) controlador manual.

Para obtenção das imagens o conjunto de aquisição de imagens esteve com altitude aproximada de 60 m.

### 3.11. Calibração do numero digital da imagem em função da reflectância

Devido às interferências ocasionadas pela variação da iluminação e de visada, as imagens foram calibradas radiométricamente. A calibração se baseia em corrigir os valores radiométricos das imagens em relação a uma imagem tida como referência (de reflectância conhecida).

Como referências foram utilizados três painéis (Figura 13) pintados em diferentes níveis de cinza, situados ao centro da área experimental durante a obtenção das imagens.



Figura 13 – Painéis de reflectância conhecida.

Para mensuração da reflectância dos painéis foi utilizado um espectrorradiômetro, modelo FieldSpec<sup>®</sup> HandHeld 2<sup>™</sup> ASD Inc. (Figura 14), que atua nos comprimentos de onda compreendidos entre 300 e 1100 nm, com a resolução espectral de 1 nm, composto de uma fibra óptica com campo de visão de 25°.



Figura 14 – Espectrorradiômetro FieldSpec® HandHeld 2™.

As imagens foram calibradas em função da reflectância, através de equações de regressão linear simples, onde foram obtidos os ajustes para cada banda espectral (Equação 3).

$$\hat{Y}_{ijk} = \beta_0 + \beta_1 NC_{ijk} \quad (3)$$

em que,

$\hat{Y}_{ijk}$  = Reflectância na linha  $i$  e coluna  $j$  da banda  $k$ ;

$\beta_0$  = Constante de regressão;

$\beta_1$  = Coeficiente da regressão; e

$NC_{ijk}$  = Nível de cinza na linha  $i$  e coluna  $j$  da banda  $k$ , adimensional.

### 3.12. Índices de vegetação

Iniciou-se o processamento das imagens digitais no sistema computacional Matlab® com o recorte para eliminação da bordadura através do algoritmo em anexo (Apêndice A), em seguida a média dos valores de pixels de cada banda (RGB e NIR) foram exportadas para o software Excel®, onde foram obtidos os índices espectrais tanto para com os valores números digitais das imagens como também com os valores estimados de refletância, de acordo com as Equações:

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \quad (4)$$

$$RS = \frac{R}{NIR} \quad (5)$$

$$WDRVI = \frac{a \cdot NIR - R}{a \cdot NIR + R} \quad (6)$$

$$GNDVI = \frac{NIR - G}{NIR + G} \quad (7)$$

$$VARI = \frac{G - R}{G + R - B} \quad (8)$$

$$SAVI = \frac{NIR - R}{NIR + R + L} \cdot (1 + L) \quad (9)$$

em que,

*NDVI* = Índice de vegetação diferença normalizada (ROUSE et al.,1974);

*RS* = Índice de vegetação razão simples, proposto por (PEARSON & MILLAR, 1972);

*WDRVI* = Índice de vegetação dinâmico de amplo alcance (GITELSON, 2004);

*GNDVI* = Índice de vegetação diferença normalizado utilizando a banda do verde (GITELSON et al.,1996);

*VARI* = Índice de vegetação resistente à atmosfera na região do visível (GITELSON et al., 2003);

*SAVI* = Índice de vegetação ajustado para o solo (HUETE, 1988);

*B* = Valor médio da imagem na banda do azul;

*G* = Valor médio da imagem na banda do verde;

*R* = Valor médio da imagem na banda do vermelho;

*NIR* = Valor médio da imagem na banda do infravermelho próximo;

*a* = Coeficiente de ponderação, foram avaliados os valores 0,05, 0,1 e 0,2;

*L* = Coeficiente de ponderação, foram avaliados os valores 0,25 e 1,0.

### 3.13. Componentes do rendimento e produtividade dos grãos

Quando o feijão atingiu o estágio da maturação fisiológica, foram colhidas manualmente plantas inteiras em 4 m lineares nas três linhas centrais, excluindo assim as bordaduras, totalizando 5,4 m<sup>2</sup>, em cada unidade experimental. As plantas arrancadas foram bandeiradas até completar o processo de secagem natural (Figura 15).



Figura 15 – (A) colheita e (B) acondicionamento para secagem.

Para os componentes do rendimento, foram contabilizados o número de plantas m<sup>-1</sup>, o número de vagens planta<sup>-1</sup>, o número de grãos vagem<sup>-1</sup>, a massa de 100 sementes e a produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup>, com teor água ajustado para 13%.

A umidade dos grãos foi determinada pelo método da estufa, 105 °C ± 3 °C, durante 24 horas, segundo metodologia estabelecida pelas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009), os resultados foram expressos em porcentagem média por parcela, estes valores foram corrigidos para 13%, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$M_c = M_o \left[ 1 - \left( \frac{U_o}{100} \right) \right] / \left[ 1 - \left( \frac{U_c}{100} \right) \right] \quad (10)$$

em que,

$M_c$  = massa corrigida, kg;

$M_o$  = massa observada, kg;

$U_o$  = teor de água, %; e

$U_c$  = teor de água de correção, %.

### 3.14. Delineamento e análises estatísticas

Os tratamentos foram dispostos em um delineamento em blocos casualizados com 6 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais conforme a Figura 16.

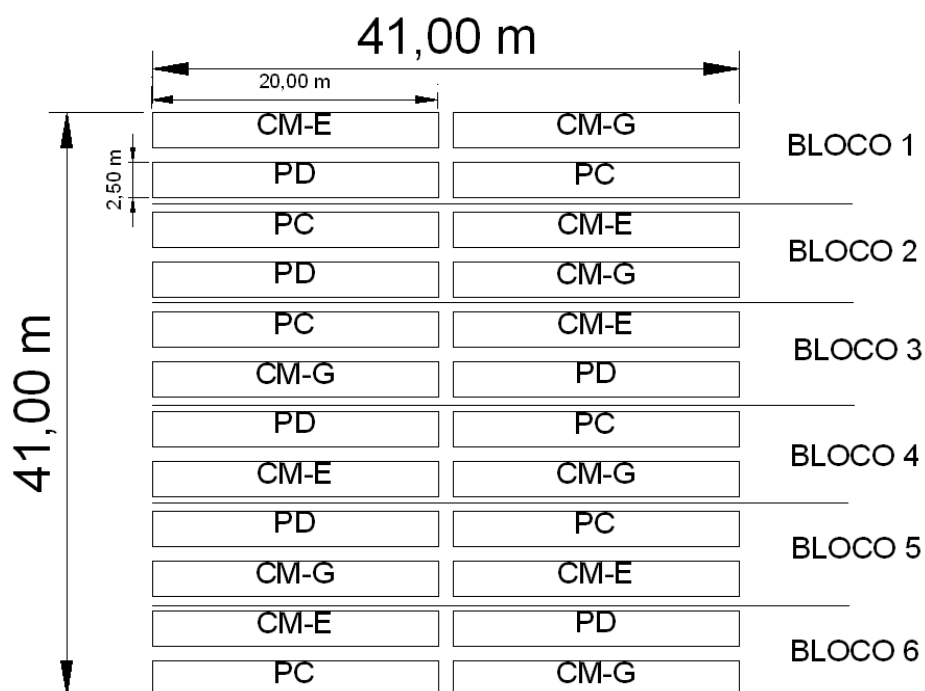


Figura 16 – Esquema do delineamento experimental (PC - plantio convencional, PD - plantio direto, CM-E - cultivo mínimo, executado com escarificador e CM-G - cultivo mínimo, executado com grade destorroadora-niveladora).

As parcelas experimentais foram de 2,5 x 20 m, o que permitiu o plantio de 5 linhas para cada unidade experimental. Foram excluídas as

linhas laterais de cada parcela no intuito de desconsiderar o efeito de bordadura no momento da aquisição dos dados. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAS 9.2.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na apresentação dos resultados, os tratamentos são apresentados utilizando a seguinte simbologia: PD - Plantio direto; PC - Preparo convencional; CM-E - Cultivo mínimo utilizando escarificador; e CM-G - Cultivo mínimo utilizando grade.

### 4.1. Caracterização da área experimental

#### 4.1.1. Caracterização química do solo antes do plantio

A Tabela 3 apresenta os resultados analíticos da análise do solo da área experimental.

Tabela 3 – Características químicas do solo, na faixa de 0 – 0,20 m de profundidade

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	P-rem
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							%		mg L <sup>-1</sup>
6,2	13,5	34	1,98	0,69	0,10	5,1	2,76	2,86	7,86	35,1	3,5	30,4

Conforme os resultados da análise química do solo, não houve a necessidade da correção do pH (potencial hidrogeniônico) do solo, pois a acidez foi classificada agronomicamente como boa, o que oferece as melhores condições para um bom desenvolvimento do feijoeiro (VIEIRA, 2008). As disponibilidades de cálcio trocável (Ca<sup>2+</sup>), magnésio trocável (Mg<sup>2+</sup>), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (t) e capacidade de troca de cátions em pH 7 (T) foram classificadas como médio. Fósforo (P), fósforo remanescente (P-rem) e acidez potencial (H + Al) foram considerados como bom. Potássio (K) e saturação por bases (V) como baixo. Já, acidez trocável (Al<sup>3+</sup>) com muito baixo (ALVAREZ et al., 1999).

#### 4.1.2. Caracterização física do solo

Na Tabela 4 são apresentadas as frações de areia grossa, areia fina, silte e argila, obtidas na análise granulométrica do solo.

O solo foi classificado como textura argilosa, contendo 46 dag Kg<sup>-1</sup> de argila em composição (EMBRAPA, 1997).

Tabela 4 – Resultados das análises granulométricas

Granulometria	dag Kg <sup>-1</sup>
Areia Grossa	27
Areia Fina	17
Silte	10
Argila	46

#### 4.1.3. Densidade do solo

Os resultados da densidade do solo estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios da densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>)

Tratamentos	Faixa de Profundidade (m)		
	0,0 – 0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,30
PD	1,32 a	1,43 a	1,42 a
PC	1,06 b	1,23 b	1,33 a
CM-E	1,17 a b	1,41 a	1,42 a
CM-G	1,28 a	1,43 a	1,43 a
CV (%)	11,55	8,67	8,11

As médias seguidas de pelo menos uma letra, não se diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Foi observado que na faixa 0 – 0,10 m de profundidade que o tratamento PD apresentou maior densidade (1,32 g cm<sup>-3</sup>), seguido dos tratamentos CM-G (1,28 g cm<sup>-3</sup>), CM-E (1,17 g cm<sup>-3</sup>) e PC (1,06 g cm<sup>-3</sup>). O tratamento PD não diferiu estatisticamente dos tratamentos CM-G e CM-E, diferindo apenas do PC.

Silveira et al. (1999) em um solo Latossolo Vermelho-Escuro, encontraram valores de densidade semelhante aos encontrados neste trabalho nos sistemas de plantio direto e cultivo mínimo com uso de grade. Já, após o preparo convencional do solo encontraram o valor de  $1,28 \text{ g cm}^{-3}$ , superior ao encontrado neste trabalho.

Na faixa de profundidade de 0,10 – 0,20 m, somente tratamento PC diferiu dos demais tratamentos. Já na camada 0,20 – 0,30 m de profundidade apesar do tratamento PC manter a média inferior aos demais tratamentos não foi encontrado diferença significativa.

A Figura 17 ilustra o comportamento da densidade do solo de cada tratamento no perfil do solo.

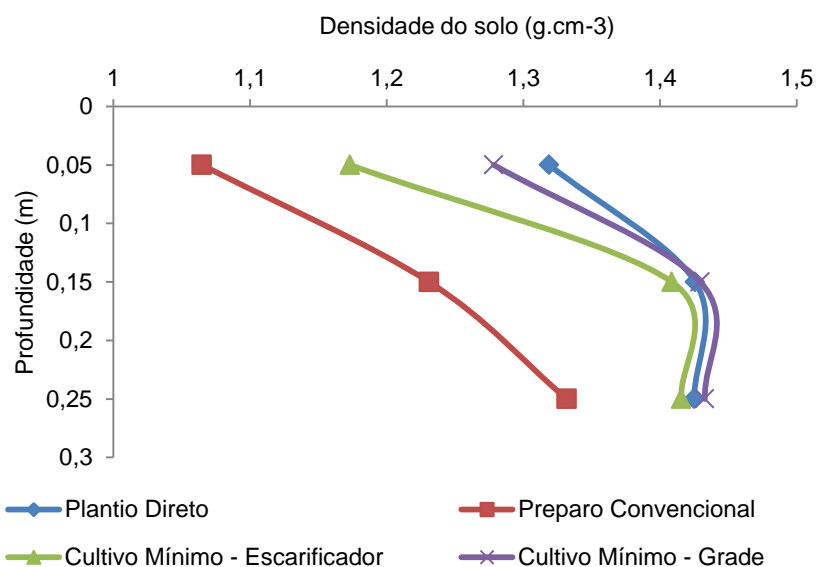


Figura 17 – Comportamento da densidade do solo em cada tratamento no perfil do solo.

Como esperado, a atuação dos implementos de mobilização do solo alteraram a densidade solo nas diversas profundidades avaliadas. O sistema de plantio direto, com o solo minimamente mobilizado, apresentou os maiores valores de densidade, concordando com os

relatados por Stone & Silveira (2001) e Urchei (1996), caracterizando maior compactação do solo em relação aos demais sistemas de preparo.

Guimarães et al. (2002) constataram que valores de densidade do solo acima de  $1,2 \text{ g cm}^{-3}$ , afetou negativamente o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea do feijoeiro.

#### 4.1.4. Resistência do solo à penetração

Na Figura 18 são apresentados os valores médios da resistência do solo à penetração. No momento da coleta do solo, este apresentou um teor de água igual a  $0,19 \text{ kg kg}^{-1}$ .

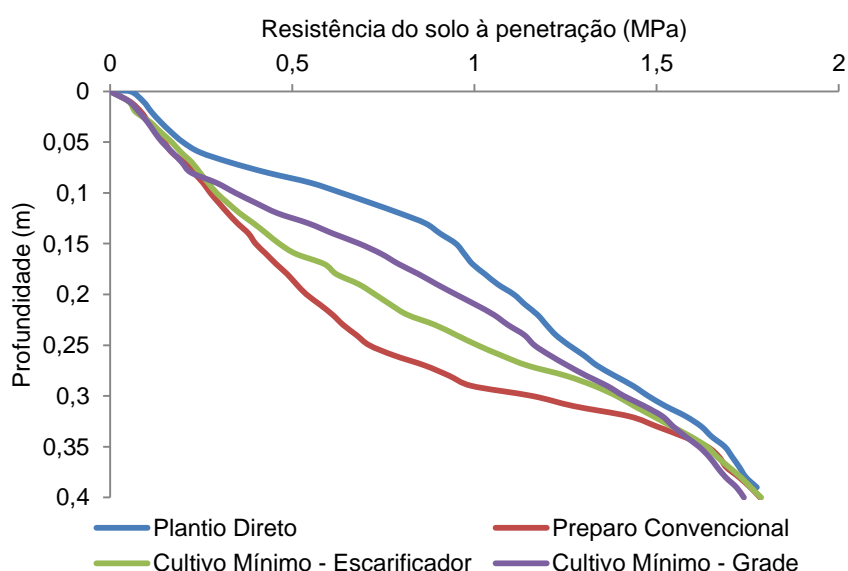


Figura 18 – Resistência do solo à penetração, em função da profundidade.

Como observado, o tratamento PD apresentou valores de resistência mecânica do solo à penetração acima dos demais tratamentos em todo perfil analisado. Os tratamentos PC, CM-E e CM-G apresentaram valores muito próximos na camada de 0 – 0,08 m, a partir desta camada até 0,33 m o tratamento CM-G tendeu a apresentar maiores valores de resistência à penetração em relação aos tratamentos CM-E e PC,

aproximando seus valores de resistência à penetração na faixa de 0,33 – 0,40 m de profundidade.

#### **4.2. Massa seca da cobertura vegetal**

O valor médio de massa seca da cobertura vegetal na área experimental foi de 3.926,40 kg ha<sup>-1</sup>.

Bezerra et al. (2007) observaram que a cobertura vegetal favorece um crescimento inicial mais rápido em relação ao solo desprotegido, outra vantagem é em relação ao controle de plantas invasoras por parte da cobertura morta vegetal.

#### **4.3. Emergência das plântulas**

A Figura 19 apresenta a tendência de emergência das plântulas de feijão em função dos sistemas de preparo do solo. Observa-se que houve um acréscimo de plantas emergidas a partir do quinto dia após o plantio até a estabilização que ocorreu no décimo primeiro dia após o plantio. Foi constatado no sexto dia que 71,17% das sementes emergiram no sistema de cultivo mínimo utilizando escarificador, no entanto, na mesma data, somente 66,55, 63,80 e 58,74% das sementes que foram semeadas nos tratamentos plantio direto, preparo convencional e cultivo mínimo utilizando a grade, emergiram respectivamente.

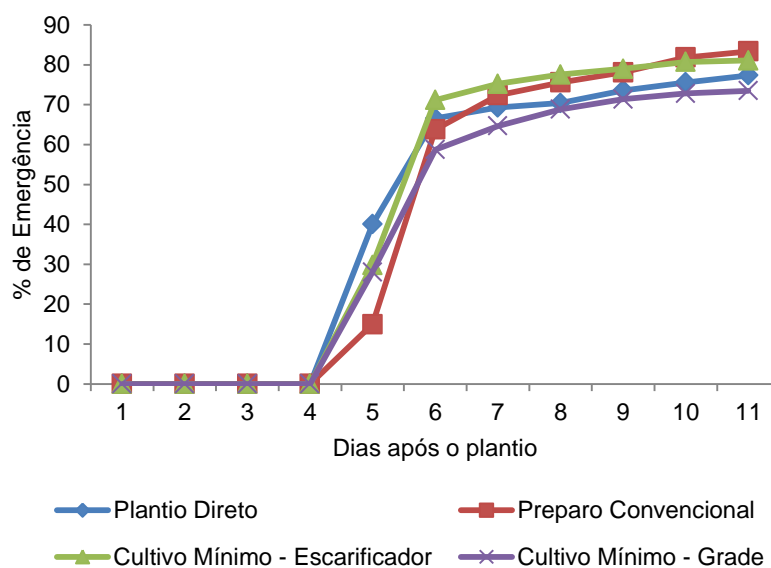


Figura 19 – Marcha de emergência das plântulas de feijão em função dos preparos de solo

Modolo et al. (2011) ao avaliar a combinação entre cargas aplicadas pelas rodas compactadoras de semeadoras e a profundidade de semeadura do feijão, encontraram valores de emergência de plântulas semelhantes aos encontrados neste trabalho.

As análises da variância da porcentagem de emergência das plântulas e o do índice de velocidade de emergência estão apresentadas nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 – Análise de variância da porcentagem de emergência

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	5	196,76415	39,35283	
Tratamentos	3	370,75005	123,58335	2,76 <sup>ns</sup>
Resíduo	15	671,31405	44,75427	
Total	23	1.238,82825		

<sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 7 – Análise de variância do índice de velocidade de emergência

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	5	172,25737	34,45147	
Tratamentos	3	659,10229	219,7007	1,72 <sup>ns</sup>
Resíduo	15	1912,1066		
Total	23	2.743,46634		

<sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

Pelo teste F pode-se concluir que não houve efeito dos tratamentos na percentagem final de emergência e do índice de velocidade de emergência.

Na Tabela 8 são apresentadas as médias do índice de velocidade de emergência e da percentagem total de emergência.

Tabela 8 – Valores médios do índice de velocidade de emergência e percentagem total de emergência.

Tratamentos	IVE	PTE (%)
PD	91,76	77,33
PC	87,66	83,38
CM-E	97,73	82,06
CM-G	83,55	73,48
CV (%)	12,11	9,28

#### 4.4. Índices de vegetação

As imagens digitais coloridas (RGB) e infravermelhas foram obtidas em sete momentos (27, 34, 41, 55, 62, 66 e 70 dias após o plantio).

De posse das imagens captadas pela plataforma de aquisição, foram calculados os índices de vegetação com os valores dos números digitais das imagens e também com os valores estimados de reflectância, que estão apresentados nas Tabelas 9 e 10.

Na obtenção dos índices de vegetação só foram utilizadas imagens que contivesse toda área experimental, conforme apresentado nas Figuras 20 e 21.



Figura 20 – Imagem em RGB

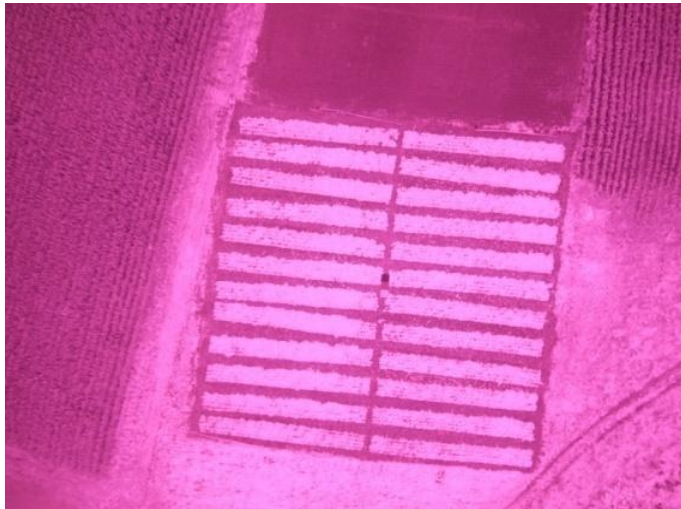


Figura 21 – Imagem em infravermelho.

Tabela 9 – Índices de vegetação obtidos pelos valores dos números digitais

Coleta	Tratamentos	NDVI	RS	GNDVI	VARI	WDRVI (a=0,05)	WDRVI (a=0,1)	WDRVI (a=0,2)	SAVI (L=0,25)	SAVI (L=1,0)
27 DAP	PD	0,15995 a	0,72566 a	0,13317 a	0,04717 a	-0,870553 a	-0,75690 a	-0,56663 a	0,19981 a	0,31908 a
	PC	0,12512 a	0,78042 a	0,11814 a	0,01219 a	-0,878680 a	-0,77133 a	-0,58984 a	0,15629 a	0,24958 a
	CM-E	0,15253 a	0,73674 a	0,12348 a	0,04940 a	-0,872387 a	-0,76013 a	-0,57178 a	0,19055 a	0,30429 a
	CM-G	0,12512 a	0,78262 a	0,11538 a	0,01743 a	-0,878237 a	-0,77061 a	-0,58886 a	0,15665 a	0,25017 a
	CV (%)	34,40	10,18	25,44	117,06	1,28	2,60	5,53	34,40	34,40
34 DAP	PD	0,17349 a	0,70663 a	0,15416 a	0,03172 a	-0,866922 a	-0,75055 a	-0,55669 a	0,21671 a	0,34601 a
	PC	0,15638 a	0,73469 a	0,14635 a	0,01710 a	-0,870707 a	-0,75731 a	-0,56767 a	0,19534 a	0,31193 a
	CM-E	0,14859 a	0,74300 a	0,14819 a	0,00077 a	-0,873295 a	-0,76175 a	-0,57439 a	0,18561 a	0,29638 a
	CM-G	0,12120 a	0,78829 a	0,12648 a	-0,00796 a	-0,879341 a	-0,77255 a	-0,59193 a	0,15140 a	0,24176 a
	CV (%)	36,73	11,43	21,97	85,80	1,52	3,08	6,55	36,73	36,73
41 DAP	PD	0,25960 a	0,59167 a	0,16919 a	0,13727 a	-0,841784 a	-0,70707 a	-0,48973 a	0,32426 a	0,51770 a
	PC	0,25552 a	0,59615 a	0,16284 a	0,13918 a	-0,843364 a	-0,70971 a	-0,49357 a	0,31917 a	0,50957 a
	CM-E	0,25482 a	0,59167 a	0,17025 a	0,12722 a	-0,844380 a	-0,71129 a	-0,49557 a	0,31828 a	0,50811 a
	CM-G	0,20239 a	0,66647 a	0,13858 a	0,09501 a	-0,859015 a	-0,73676 a	-0,53517 a	0,25280 a	0,40356 a
	CV (%)	23,71	12,38	20,65	32,90	2,02	4,13	9,03	23,71	23,72
55 DAP	PD	0,24065 a	0,61288 a	0,11080 a	0,216730 a	-0,848677 a	-0,718700 a	-0,50692 a	0,30060 a	0,47994 a
	PC	0,23895 a	0,61288 a	0,10652 a	0,220969 a	-0,849344 a	-0,719819 a	-0,50855 a	0,29847 a	0,47654 a
	CM-E	0,23501 a	0,61999 a	0,10311 a	0,218366 a	-0,850435 a	-0,721722 a	-0,51152 a	0,29355 a	0,46867 a
	CM-G	0,21474 a	0,64756 a	0,09350 a	0,201382 a	-0,856084 a	-0,731557 a	-0,52682 a	0,26823 a	0,42823 a
	CV (%)	12,27	6,01	20,31	7,74	0,98	1,99	4,33	12,27	12,28
62 DAP	PD	0,20546 a	0,65974 a	0,094785 a	0,176907 a	-0,858808 a	-0,736272 a	-0,534082 a	0,25665 a	0,40977 a
	PC	0,20247 a	0,66354 a	0,092383 a	0,176821 a	-0,859716 a	-0,737839 a	-0,536482 a	0,25291 a	0,40381 a
	CM-E	0,20014 a	0,66665 a	0,088984 a	0,175432 a	-0,860380 a	-0,738991 a	-0,538267 a	0,25000 a	0,39916 a
	CM-G	0,18733 a	0,68489 a	0,082643 a	0,166682 a	-0,863741 a	-0,744885 a	-0,547545 a	0,23399 a	0,37359 a
	CV (%)	10,01	4,11	17,87	4,90	0,63	1,28	2,75	10,01	10,02
66 DAP	PD	0,23028 a	0,62596 a	0,128360 a	0,160646 a	-0,851900 a	-0,724240 a	-0,515357 a	0,28767 a	0,45941 a
	PC	0,22171 a	0,63737 a	0,125283 a	0,150954 a	-0,854354 a	-0,728500 a	-0,521952 a	0,27697 a	0,44232 a
	CM-E	0,21740 a	0,64334 a	0,119872 a	0,149150 a	-0,855529 a	-0,730552 a	-0,525156 a	0,27158 a	0,43373 a
	CM-G	0,23198 a	0,62349 a	0,130579 a	0,159150 a	-0,851473 a	-0,723486 a	-0,514159 a	0,28979 a	0,46279 a
	CV (%)	8,03	3,86	9,15	8,11	0,59	1,22	2,65	8,03	8,03
70 DAP	PD	0,24939 a	0,60086 b	0,156020 a	0,140288 a	-0,846314 a	-0,714567 a	-0,500444 a	0,31153 a	0,49751 a
	PC	0,22016 a b	0,63962 a b	0,138909 a b	0,118616 a b	-0,854743 a b	-0,729187 a b	-0,523043 ab	0,27503 a b	0,43922 a b
	CM-E	0,19674 b	0,67246 a	0,124746 b	0,102739 b	-0,861047 b	-0,740204 b	-0,540292 b	0,24578 b	0,39252 b
	CM-G	0,23583 a	0,61858 a b	0,150015 a	0,127451 a b	-0,850306 a	-0,721475 a	-0,511079 a	0,29460 a	0,47047 a
	CV (%)	13,03	6,41	12,82	16,20	0,95	1,93	4,23	13,04	13,03

As médias seguidas de pelo menos uma letra, não se diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Tabela 10 – Índices de vegetação obtidos pelos valores de reflectância estimada

Coleta	Tratamentos	NDVI	RS	GNDVI	VARI	WDRVI (a=0,05)	WDRVI (a=0,1)	WDRVI (a=0,2)	SAVI (L=0,25)	SAVI (L=1,0)
27 DAP	PD	1,573 a	-0,2046 a	1,2793 a	-0,11257 a	-2,074 a	37,37 a	-3,387 a	3,0 a	-1,1055 a
	PC	1,979 a	-0,2877 a	1,3887 a	-0,17460 a	-0,357 a	0,91 a	-1,493 a	-73,0 a	-1,0578 a
	CM-E	-2,116 a	-0,3709 a	1,1513 a	-0,09143 a	-1,624 a	-3,43 a	7,090 a	4,0 a	-1,2006 a
	CM-G	2,671 a	0,3519 a	1,5492 a	-0,14988 a	-1,560 a	-2,86 a	6,636 a	1489,0 a	-1,2479 a
	CV (%)	465,18	79,73	30,34	54,56	139,73	733,08	600,05	513,24	34,89
34 DAP	PD	1,12283 a	-0,057633 b	0,89139 a	0,90390 a	277,6 a	5,590 a	1,8452 a	1,13786 a	1,16739 a
	PC	1,06882 a b	-0,032901 a b	0,86093 a	0,75730 a b	-6,6 a	2,223 a	1,4237 b	1,10560 a	1,16349 a
	CM-E	1,07652 a b	-0,036634 a b	0,87305 a	0,70617 b	-19,8 a	2,310 a	1,4669 a b	1,10544 a	1,15253 a
	CM-G	1,05839 b	-0,027821 a	0,85017 a	0,68107 b	8,4 a	1,988 a	1,3598 b	1,07860 a	1,1189 a
	CV (%)	4,34	56,63	3,99	23,64	561,77	108,07	22,53	4,68	6,61
41 DAP	PD	0,84207 a	0,08694 a	0,90465 a	0,32285 a	-0,22123 a	0,10803 a	0,41539 a	1,5131 a	10,27 a
	PC	0,81965 a	0,10241 a	0,88702 a	0,29801 a	-0,26656 a	0,05742 a	0,36747 a	1,5352 a	-18,47 a
	CM-E	0,81776 a	0,10081 a	0,87832 a	0,27568 a	-0,31603 a	0,01264 a	0,33920 a	1,4749 a	-5,40 a
	CM-G	0,78941 a	0,12317 a	0,82844 a	0,14949 a	-0,33129 a	-0,01592 a	0,29936 a	1,8239 a	-0,27 a
	CV (%)	10,80	57,34	11,52	61,11	66,27	529,50	56,55	18,62	996,59
55 DAP	PD	-88,7 a	-1,3151 a	2,7759 a	1,07054 a	-1,082716 a	-1,17289 a	-1,38021 a	1,66800 a	0,59370 a
	PC	-12,7 a	-1,2696 a	2,4447 a	1,06814 a	-1,083431 a	-1,17425 a	-1,38248 a	1,63115 a	0,58681 a
	CM-E	152,2 a	-1,2453 a	2,5016 a	1,03538 a	-1,086377 a	-1,18078 a	-1,39875 a	1,64826 a	0,59956 a
	CM-G	93,2 a	-1,1212 a	2,8100 a	1,04399 a	-1,098128 a	-1,20682 a	-1,46387 a	1,61565 a	0,62189 a
	CV (%)	686,50	20,72	20,37	15,20	1,58	3,17	6,47	8,02	8,44
62 DAP	PD	0,97414 a	0,013639 a	1,23925 a	0,22161 a	0,7700 a	0,8278 a	0,89338 a	2,508 a	-2,4739 a
	PC	0,99145 a	0,004777 a	1,25265 a	0,22318 a	1,1824 a	0,9946 a	0,97574 a	2,399 a	-2,3478 a
	CM-E	0,98531 a	0,007551 a	1,26021 a	0,21584 a	0,8337 a	0,8859 a	0,93423 a	2,480 a	-2,2704 a
	CM-G	0,97097 a	0,015898 a	1,25267 a	0,19883 a	0,7983 a	0,8404 a	0,89279 a	-1,966 a	-1,8133 a
	CV (%)	4,94	245,51	3,11	8,98	77,33	40,61	22,03	411,38	44,66
66 DAP	PD	0,70739 a	0,17164 a	0,82067 a	2,0060 a	-0,54614 a	-0,26080 a	0,07863 a	1,11615 a	8,596 a
	PC	0,71716 a	0,16486 a	0,82407 a	1,6988 a	-0,53294 a	-0,24313 a	0,09765 a	1,13484 a	9,436 a
	CM-E	0,72504 a	0,15958 a	0,83598 a	1,0091 a	-0,51942 a	-0,22599 a	0,11497 a	1,14800 a	9,858 a
	CM-G	0,69011 a	0,18364 a	0,80148 a	1,9480 a	-0,56942 a	-0,29200 a	0,04498 a	1,09433 a	10,604 a
	CV (%)	3,99	11,47	3,32	57,83	7,38	20,74	67,06	3,95	36,89
70 DAP	PD	0,48665 b	0,34551 a	0,62492 b	0,33994 a	-0,74672 b	-0,55046 b	-0,26607 b	1,0852 b	-1,29095 a
	PC	0,52914 b	0,30830 a	0,64739 b	0,21465 b	-0,71978 b	-0,50866 b	-0,21152 b	1,2704 a b	-1,20409 a
	CM-E	0,60228 a	0,24951 b	0,70157 a	0,14539 b	-0,66003 a	-0,42015 a	-0,10302 a	1,5783 a	-1,24347 a
	CM-G	0,51093 b	0,32419 a	0,63414 b	0,26464 a b	-0,73152 b	0,52681 b	-0,23511 b	1,1711 a b	-1,27788 a
	CV (%)	10,49	15,00	6,22	40,39	6,05	12,87	39,27	22,86	15,92

As médias seguidas de pelo menos uma letra, não se diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Conforme apresentado na Tabela 9, distinção entre os efeitos de tratamentos pelos índices obtidos pelos valores dos números digitais só foi possível aos 70 dias após o plantio.

Com índices NDVI, GNDVI, WDRVI( $\alpha=0,05$ ), WDRVI( $\alpha=0,1$ ), WDRVI( $\alpha=0,2$ ) e SAVI ( $L=0,25$ ) foi possível distinguir dois grupos: um dos grupos composto pelos tratamentos PD, PC e CM-G e o outro grupo pelos tratamentos CM-E e PC, sendo possível isolar o efeito do tratamento CM-E dos tratamentos PD e CM-G. Os índices RS e VARI também geraram dois grupos, agrupando os tratamentos PD, PC e CM-G e no outro grupo PC, CM-E e CM-G, diferenciando estatisticamente os tratamentos PD de CM-E.

Já, com os índices obtidos a partir dos valores estimados de reflectância (Tabela 10), foi possível a distinção dos tratamentos aos 34 e 70 dias após o plantio.

No dia 34 após o plantio, os índices NDVI e RS discriminaram o tratamento PD do tratamento CM-G, o índice VARI discriminou o tratamento PD dos tratamentos CM-E e CM-G, já o índice WDRVI( $\alpha=0,2$ ) discriminou o tratamento PD dos tratamentos PC e CM-G.

Aos 70 dias após o plantio, os índices NDVI, RS, GNDVI, WDRVI( $\alpha=0,05$ ), WDRVI( $\alpha=0,1$ ), WDRVI( $\alpha=0,2$ ), formaram dois grupos, isolando o tratamento CM-E dos demais tratamentos. O índice VARI diferiu o tratamento PD de CM-E e PC. Já o índice SAVI( $L=0,25$ ) discriminou o tratamento PD de CM-E.

A distinção ocorrida aos 70 dias após o plantio foi devido ao estágio fisiológico da cultura, conhecida como R8 ou etapa de enchimento das vagens, onde ocorre maior extração de minerais e água do solo, sendo assim, possível evidenciar os efeitos dos tratamentos.

Os índices que foram obtidos a partir dos valores estimados de reflectância apresentaram ser mais sensíveis para discriminar tratamentos em relação aos obtidos com os valores do número digital.

Martins (2010) utilizando os índices NDVI, GNDVI e SAVI na avaliação da compactação do solo no feijoeiro, não encontrou diferença significativa entre os tratamentos impostos, no entanto, observou que houve uma tendência crescente nos valores dos índices, partindo do tratamento de menor compactação em direção ao tratamento mais compactado.

Martins (2010) também constatou que os índices mostraram-se dinâmicos quanto ao estado fenológico da cultura, concordando com os valores encontrados neste trabalho.

#### 4.5. Estande final

O estande final (Figura 22) não diferiu estatisticamente entre os tratamentos. O tratamento CM-E com 308.333 plantas  $ha^{-1}$  obteve o maior estande, seguido pelos tratamentos CM-G (286.111 plantas  $ha^{-1}$ ), PD (284.259 plantas  $ha^{-1}$ ) e PC (270.370 plantas  $ha^{-1}$ ).

Martins (2010) e Alves et al. (2003) encontram um comportamento linear do estande final do feijoeiro em relação ao nível de compactação do solo como, mostrando que a compactação do solo pode afetar o estande final.

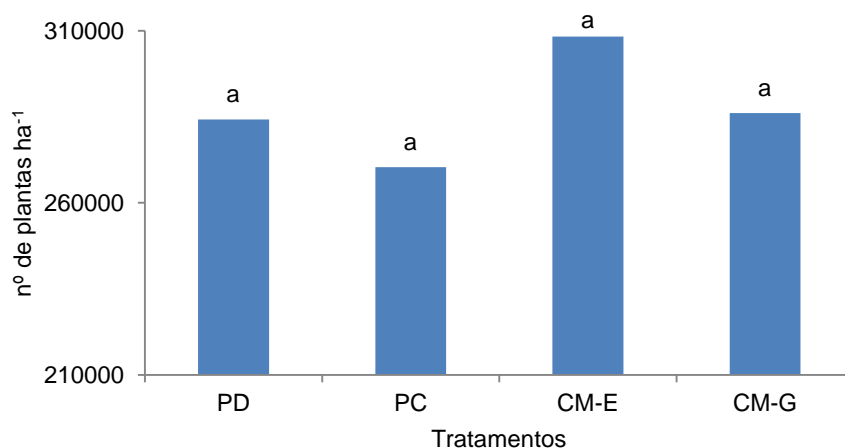


Figura 22 – Estande final (as colunas contendo a mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade).

#### 4.6. Componentes do rendimento e produtividade dos grãos

A Tabela 11 apresenta a comparação das médias dos tratamentos em relação aos componentes do rendimento e produtividade.

Tabela 11 – Componentes do rendimento.

Tratamentos	Vagens / planta nº	Grãos / vagem	Massa de 100 grãos g	Produtividade de grãos kg ha <sup>-1</sup>
PD	6,62 a	5,09 a	28,93 a	2789,1 a
PC	7,13 a	5,23 a	29,55 a	2926,1 a
CM-E	5,80 a	5,03 a	29,95 a	2746,6 a
CM-G	5,27 a	4,95 a	30,30 a	2274,8 a
CV (%)	21,94	5,36	4,50	25,41

As médias seguidas de pelo menos uma letra, não se diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Como observado, não foram detectadas diferenças entre tratamentos em relação aos componentes do rendimento e também quanto à produtividade dos grãos.

Embora o tratamento PC tenha apresentado menor valor médio no estande final, foi o tratamento que apresentou maiores valores de vagens planta<sup>-1</sup> e produtividade de grãos, que pode ser explicado pelo fato que o maior adensamento de plantas favorece a competição por água, nutrientes e luz.

No entanto, pode-se observar que os valores de vagens por planta foi relativamente abaixo dos valores encontrados por Zilio et al. (2011), Salgado et al. (2011), Ramos Júnior et al. (2005) e Rinaldi (2000), isso ocorreu devido ao estande final que foi superior aos trabalhos citados.

A produtividade não apresentou diferença estatística em relação aos tratamentos, concordando com os resultados encontrados por Carvalho et al. (2006).

## 5. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento, pode-se concluir que:

- Não houve diferenças na percentagem de emergência e no índice de velocidade de emergência nos sistemas utilizado de manejo de solo.
- A metodologia proposta demonstrou-se capaz de diferir os níveis de compactação do solo, sendo que os melhores resultados foram obtidos com de índices de vegetação provenientes de valores estimados de reflectância.
- Os níveis de compactação solo não foram diferenciados em relação ao estande final, componentes do rendimento e produtividade dos grãos.

## 6. REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, S. A., PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; SANTOS, N. T.; GLERIANI, J. M.; ALVES, E. A. Índices de vegetação de base espectral para discriminar doses de nitrogênio em capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p. 1637-1644. 2009.

ALLSOPP HELIKITES LIMITED. Disponível em: <[http://www.allsoppelikites.com/index.php?mod=page&id\\_pag=5](http://www.allsoppelikites.com/index.php?mod=page&id_pag=5)>. Acesso em: 30 fev. 2011.

ALVARES V. V.H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. E. A. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. 2004. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.26, n.1, p. 27-34, 2004.

ALVES, V. G.; ANDRADE, M. J. B.; CORRÊA, J. B. D.; MORAES, A. R.; SILVA, M. V. Comportamento de genótipos de feijoeiro em latossolo vermelho distroférico típico com diferentes graus de compactação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.1, p.36-43, 2003.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n. 4, p. 857-865, 2000.

ARAÚJO, G. A. A.; FERREIRA, A. C. B. Manejo do solo e plantio. In: VIERA, C; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão**. 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. P.87-114.

ASAE Standards, ed.49. S313.3. - **Soil cone penetrometer**. St. Joseph, Mich.: ASAE. 2009.

BARBOSA, K. M. N. **Monitoramento espacial de biomassa e carbono orgânico da vegetação herbácea de várzea na Amazônia Central**. 2006. 131 f. Tese (Doutorado) Curitiba: Universidade Federal do Paraná.

BAUERMANN, G. C. **Uso de imagens de sensores remotos na estimativa de características dendrométricas de povoamentos de eucalipto**. 2008. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Maria.

BEULTER, A. N.; CENTURION J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.6, p.581-588, jun. 2004.

BEZERRA, C. E S., FILHO, J. L., MAIA, D. A., MACEDO, L. P. M., CUNHA, U. S. Avaliação do efeito de diferentes tipos de cobertura morta vegetal em feijão-mungo verde (*Vigna radiata*). **Revista Verde**, v.2, n.2, p 47–51. 2007.

BINOTTI, F. F. S.; HAGA, K. I.; CARDOSO, E. D.; ALVEZ, C. Z.; SÁ, M. E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.2, p.247-247, 2008.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (ed.). **Feijão**. 2ª edição atualizada e ampliada – Viçosa: UFV, 2008. p.13-15.

BOTTA, G.F.; RIVERO, D.; TOURN, M.; BELLORA MELCON, F.; POZZOLO, O.; NARDON, G.; BALBUENA, R.; TOLON BECERRA, A.; ROSSATTO, H.; STADLER, S. Soil compaction produced by tractor with radial and cross-ply tyres in two tillage regimes. **Soil and Tillage Research**, v.101, p.44-51, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 398p.

CARVALHO, G. J.; CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S. MARTINS, M. V. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.10, n.3, p.765–771, 2006.

CHAILA, S. Métodos de evaluación de malezas para estudios de poblacion y control. **Malezas**, v.14, n.2, p.1-78, 1986.

COLLARES, G. L.; REINERT; D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Compactação de um latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.933-942, 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Safra 2009/2010. Intenção de Plantio, Primeiro Levantamento, Outubro/2009.** Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1graos\\_0910.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1graos_0910.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2009.

DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.175-182, 1996.

DLG. **Manual**. Disponível em: <<http://www.dlg.com.br/>>. Acesso em: 21 fev. 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Solos. 1999. 412p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – **Pesquisa e desenvolvimento em agricultura familiar na Embrapa arroz e feijão**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 16p.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índice de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p.445-454, 1996.

FNP - CONSULTORIA & COMERCIO. Anuário da Agricultura Brasileira - AGRIANUAL 2006. Feijão. São Paulo, 2006.

GITELSON, A. A. Wide Dynamic Range Vegetation Index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. **Journal Plant Physiology**. n.161, p.165-173, 2004.

GITELSON, A. A.; VIÑA, A.; ARKEBAUER, T. J.; RUNDQUIST, D. C.; KEYDAN, G.; LEAVITT, B. Remote estimation of leaf area index and green leaf biomass in maize canopies. **Geophysical Research Letters**, v.30, n.5, 2003.

GITELSON, A.A.; KAUFMAN, Y.J.; MERZLYAK, M.N. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v.58, p.289-298, 1996.

GREGO, R. G. **Avaliação de sistemas de preparo do solo e manejo da cobertura vegetal espontânea na cultura do feijão**. 1999. 112f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, Botucatu, SP. 1999.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; MOREIRA, A.A.J. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. II: efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, p.213-218, 2002.

- HAKANSSON, I.; LIPIEC, J. A. review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.53, p.71-85, 2000.
- HAKANSSON, I.; STENBERG, M.; RYDBERG, T. Long-term experiments with different depths of mouldboard ploughing in Sweden. **Soil and Tillage Research**, v.46, p.209-223, 1998.
- HUETE, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v.25, p.295-309, 1988.
- JENSEN, T.; APAN, A.; YOUNG, F.; ZELLER, L. Detecting the attributes of a wheat crop using digital imagery acquired from a low-altitude platform. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.59, p.66-77, 2007.
- JORDAN, C. F. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. **Ecology**, v.50, p.663-666, 1969.
- KLEIN, V. A.; VIEIRA, M.L.; DURIGON, F.F.; MASSING, J.P.; FÁVERO, F. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p.365-371, 2008.
- KÖPPEN, W. **Climatologia com un studio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 478 p.
- LIMA, C.L.R. de; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S. Compressibilidade de um Argissolo sob plantio direto escarificado e compactado. **Ciência Rural**, v.36, p.1765-1772, 2006.
- LIRA, V. M.; SILVA, B. B.; NETO, D. J.; FARIAS, M. S. S.; BEZERRA, M. V. C.; FRANCO, E. S.; ANDRADE, R. S. Análise espectral de índice de vegetação em área irrigada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.1 n.1, p.69-73. 2008.

MACHADO, A. L. T. REIS, A. V. MORAES, M. L. B. ALONÇO, A. S. **Máquinas de preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. Pelotas: 2ed. Editora e Gráfica Universitária-UFPel. 2005. 253p.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n1, p.176-177, 1962.

MAHL, D.; SILVA, R. B.; GAMERO, C. A.; SILVA, P. R. A. Resistência do solo à penetração, cobertura vegetal e produtividade do milho em plantio direto escarificado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, PR, v.30, n.5, p.741-747, 2008.

MARTINS, F. C. M. **Avaliação de áreas compactadas na cultura do feijoeiro utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. 2010. 67p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

MELLO, R. C. Alterações físicas em um Latossolo Roxo em função da velocidade de aração e do ângulo horizontal dos discos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.26, n.1, p.35-40, 2004.

MENESES, P. R. Fundamentos de Radiometria Óptica Espectral. In: MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M. **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados. 2001.

MODOLO, A. J.; TROGELLO, E.; NUNES, A. L., SILVEIRA, J. C. M.; KOLLING, E. M. Efeito da compactação do solo sobre a semente no desenvolvimento da cultura do feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.1, p.89-95, 2011.

MOGES, S. M.; RAUN, W. R.; MULLEN, R. W. Evaluation of green, red and near infrared bands for predicting winter wheat biomass, nitrogen uptake, and final grain yield. **Journal of Plant Nutrition**, v.27, n.8, p.1431-1441, 2004.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO). Disponível em: <[http://faostat.fao.org/site/609/default.aspx # ancor](http://faostat.fao.org/site/609/default.aspx#ancor)>. Acesso em: 19 fev. 2011.

PEARSON, R. L.; MILLER, R. D. Remote mapping of starting crop biomass for estimation of the productivity of the shortgrass prairie. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 8., Ann Arbor, 1972. **Proceedings...** Ann Arbor: MI, ERIM, 1972. v.2, p.1355-1373.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007. v.1, 127p.

QUEIROZ, D. M.; DIAS, G. P.; MANTOVANI, E. C. Agricultura de Precisão na Produção de Grãos. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. L. (Ed.). **Agricultura de Precisão**. Viçosa: UFV, 2000. p.1-41.

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S.; MIRANDA, M.A.C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.929-938, 2000.

RAGHAVAN, G.S.V.; MICKYES, E. Physical and hydraulic characteristics in compacted clay soils. **Journal of Terra mechanics**, Elmsford, v.19, p.235-242, 1983.

RAMIREZ, G. M.; ZULLO JUNIOR, J. Estimativa de parâmetros biofísicos de plantios de café a partir de imagens orbitais de alta resolução espacial. **Engenharia Agrícola**, vol.30, n.3, p.468-479, 2010.

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.75-82. 2005.

REICHERT, J. M., KAISER D. R., REINERT D. J., RIQUELME, U. F. B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.3, p.310-319, 2009.

REIS, E. F. **Inter-relação solo-semente com duas semeadoras-adubadoras de plantio direto, em diferentes umidades de um solo argiloso**. 2000. 51f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

REIS, L. R. **Avaliação da rugosidade superficial do solo utilizando técnicas de sensoriamento remoto e análise de imagens**. 2009. 140 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2009.

RINALDI, C. N. **Influência da profundidade de adubação e da velocidade de uma semeadora de plantio direto na cultura do feijão**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2000.

ROCHA, R. R. R.; ARAÚJO, G. A. A.; CARNEIRO, J. E. S.; CECON, P. R.; LIMA, T. C. Adubação molíbdica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.2, p.9-17, 2011.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation**. NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, 1974, 371p.

RUSER, R.; FLESSA, H.; RUSSOW, R.; SCHMIDT, G.; BUEGGER, F.; MUNCH, J.C. Emission of N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> from soil moisture and rewetting. **Soil Biology & Biochemistry**, v.38, p.263-274, 2006.

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. **Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal**. Documentos 136, Embrapa, 24p., 2005.

SALGADO, F. H. M.; FIDELIS, R. R.; CARVALHO, G. L.; SANTOS, G. R.; CANCELLIER, E. L.; SILVA, G. F. Comportamento de genótipos de feijão, no período da entressafra, no sul do estado de Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.1, p.52-58. 2011.

SALVADOR, C. A. **Análise da conjuntura agropecuária Safra 2009/10: Feijão**. 15p. 2009. Disponível em: Acesso: 14 nov. 2010.

SILVA JÚNIOR, M. C.; PINTO, F. A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. M.; MACIEL, B. F. Detecção do efeito da adubação nitrogenada em *Brachiaria decumbens* Stapf. utilizando um sistema de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.37, n.3, p.411-419, 2008.

SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, n.6, p.1775-1784, 1994.

SILVA, F. M.; ORTOLANI, F. M., DANIEL, L. A. Rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras - influência no condicionamento físico do solo na região de semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20, 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1991. p.1126-46.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.191-199, 2000.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Fatores controladores da compressibilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico e de

um Latossolo Vermelho distrófico típico. II - Grau de saturação em água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.9-15, 2002.

SILVEIRA, P. M., SILVA, J. G., STONE, L. F. ZIMMERMANN, F. j. P. Alteração na densidade e na macroporosidade de um latossolo vermelho-escuro causadas pelo sistema de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.29, n.2, p.145-149, 1999.

SOANE, B.D. The role of organic matter in soil compatibility: A review of some practical aspects. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.16, p.179-201, 1990.

SORATTO, R. P. **Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento da adubação nitrogenada**. 2002. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UNESP, Ilha Solteira, 2002.

STONE L. F., GUIMARÃES C. M., MOREIRA J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.207-212, 2002.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.395-401, 2001.

STRUDLEY, M. W.; GREEN, T. R.; ASCOUGH, J. C. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: state of the science. **Soil and Tillage Research**, v.99, p.4-48, 2008.

URCHEI, M. A. **Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho- Escuro argiloso e no crescimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação**. Botucatu, 1996. 150f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 1996.

VARELA, C. A. A. **Estimativa da produtividade e do estresse nutricional da cultura do milho usando imagens digitais**. 2004. 92f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (ed.). **Feijão**. 2ª edição atualizada e ampliada – Viçosa: UFV, 2008. p.115-142.

VIEIRA, C.; VIEIRA, R.F. Épocas de plantio de feijão e proposta de nomenclatura para designá-las. **Revista Ceres**, v.42, n.244, p.685-688, 1995.

YI, J. L. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; QUINTANILHA, J. A. Identificação e mapeamento de áreas de milho na região sul do Brasil utilizando imagens MODIS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, 2007.

ZILIO, M.; COELHO C. M. M.; SOUZA, C. A.; SANTOS, J. C. P.; MIQUELLUTI, D. J. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.429-438, 2011.

## APÊNDICE A

Algoritmo utilizado para recorte das unidades experimentais nas imagens RGB e infravermelho.

```
% Algoritmo para recorte
clear
clc

% abrir imagem no diretório

[nome,caminho]= uigetfile('*.jpg','Selecione a imagem RGB ');
rgb =imread(strcat(caminho,nome));

[nome,caminho]= uigetfile('*.jpg','Selecione a imagem IV ');
iv =imread(strcat(caminho,nome));

% recorte da imagem Rgb

idp=[{'placa 1'};{'placa 2'};{'placa 3'}];
saida=[];
%Definir a data do experimento %
prompt = {'Data do experimento '};
dlg_title = 'MatLab r2009b';
num_lines = [1];
def = {' '};
data=inputdlg(prompt,dlg_title,num_lines,def);

% Recortar as placas
% placas rgb
srgb=[];
for i=1:3
    gim=rgb(:,:,i); % Banda R
    figure, imshow(gim, []); title('Recortar placas rgb');
    set(gcf, 'Position', get(0,'Screensize')); % Maximiza a
figura.
    hFH = impoly(); % Recorta os níveis dos painéis da imagem e
cria um "ROI object"
    ib = hFH.createMask(); % Cria uma imagem binária("mascara") a
partir do ROI object.
    close

    j=find(ib==1);
    % Calculo das médias da mostra em cada banda da imagem
    r=rgb(:,:,1);g=rgb(:,:,2);b=rgb(:,:,3);
    mr=mean(r(j));mg=mean(g(j));mb=mean(b(j));
    % resultado
    srgb=[srgb;[mr,mg,mb]];
end
siv=[];
for i=1:3
    gim=iv(:,:,i); % Banda R
    figure, imshow(gim, []); title('Recortar placas iv');
    set(gcf, 'Position', get(0,'Screensize')); % Maximiza a
figura.
```

```

        hFH = impoly(); % Recorta os níveis dos painéis da imagem e
cria um "ROI object"
        ib = hFH.createMask(); % Cria uma imagem binária("mascara") a
partir do ROI object.
        close

        j=find(ib==1);
        % Calculo das m'edias da mostra em cada banda da imagem
        r=rgb(:, :, 1);g=rgb(:, :, 2);b=rgb(:, :, 3);
        mr=mean(r(j));mg=mean(g(j));mb=mean(b(j));
        % resultado
        siv=[siv;[mr,mg,mb]];
end
saida=[srgb,siv];

%
resp='Sim';
while resp=='Sim'

    %Identificacao da parcela %
    prompt = {'Identificação da parcela '};
    dlg_title = 'MatLab r2009b';
    num_lines = [1];
    def = {''};
    id=inputdlg(prompt,dlg_title,num_lines,def);
    idp=[idp;id];
    % Recortar imagem

    gim=rgb(:, :, 1); % Banda R
    figure, imshow(gim, []); title('Recortar parcela da imagem
RGB');
    set(gcf, 'Position', get(0,'Screensize')); % Maximiza a
figura.
    hFH = impoly(); % Recorta os níveis dos painéis da imagem e
cria um "ROI object"
    ib = hFH.createMask(); % Cria uma imagem binária("mascara") a
partir do ROI object.
    close
    % redicao
    gim2=gim; gim2(~ib)=0;imshow(gim2);title('Defina a menor
distancia'); clear gim2
    % maior distancia
    [c,r,P] = impixel;
    %Defina a porcentagem a ser erodida %
    prompt = {'Defina a porcentagem a ser erodida '};
    dlg_title = 'MatLab r2009b';
    num_lines = [1];
    def = {''};
    pc=inputdlg(prompt,dlg_title,num_lines,def);
    pc=str2num(cell2mat(pc));

    d=fix((((c(1)-c(2))^2+(r(1)-r(2))^2)^0.5)*(pc/100)/2);
    close

    % Erosao
    se = strel('disk',d);
    rep = imerode(ib,se);

    % exibir mascara
    subplot(2,2,1);imshow(gim);

```

```

subplot(2,2,2)
gim2=gim; gim2(~rep)=0;imshow(gim2); clear gim2

j=find(rep==1);
% Calculo das médias da mostra em cada banda da imagem
r=rgb(:,:,1);g=rgb(:,:,2);b=rgb(:,:,3);
mr=mean(r(j));mg=mean(g(j));mb=mean(b(j));
% resultado
srgb=[mr,mg,mb];

gim=iv(:,:,1);
figure(2), imshow(gim, []); title('Recortar parcelas da imagem
IV');
set(gcf, 'Position', get(0,'Screensize')); % Maximiza a
figura.
hFH = impoly(); % Recorta os níveis dos painéis da imagem e
cria um "ROI object"
ib = hFH.createMask(); % Cria uma imagem binária("mascara") a
partir do ROI object.
% exibir mascara
close

figure(2)
gim2=gim; gim2(~ib)=0;imshow(gim2);title('Recortar a
bordadura'); clear gim2
%[c,r,P] = impixel;
%d=fix(((c(1)-c(2))^2+(r(1)-r(2))^2)^0.5);
close

% Erosao
se = strel('disk',d);
rep = imerode(ib,se);

subplot(2,2,3);imshow(gim);
subplot(2,2,4)
gim2=gim; gim2(~rep)=0;imshow(gim2); clear gim2

j=find(rep==1);

r=iv(:,:,1);g=iv(:,:,2);b=iv(:,:,3);
mr=mean(r(j));mg=mean(g(j));mb=mean(b(j));
% Resposta
siv=[mr,mg,mb];
% Armazena as respostas na matriz saída

saida=[saida;[srgb,siv]];

% recortar uma nova parcela
resp=questdlg('Recortar nova
parcela?','title','Sim','Nao','default');
close all
end

sa=questdlg('Deseja salvar o
resultado?','title','Sim','Nao','default');

if sa=='Sim'
Tipo={'*.xls'};

```

```
Titulo='Salvar arquivo';
[nomeS,caminhoS]=uiputfile(Tipo,Titulo);
clear Tipo Titulo
if nomeS~=0
    xlswrite(strcat(caminhoS,nomeS),data,'Plan1','A01')
    xlswrite(strcat(caminhoS,nomeS),[{'rgb(r)'} {'rgb(g)'} {'rgb(b)'}
{'iv(r)'} {'iv(g)'} {'iv(b)'}], 'Plan1','B02')
    xlswrite(strcat(caminhoS,nomeS),idp,'Plan1','A03')
    xlswrite(strcat(caminhoS,nomeS),num2cell(saida),'Plan1','B03')
end
end
```