

**PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO EM CULTIVO TRADICIONAL E
TECNIFICADO NO NORTE FLUMINENSE**

José Francisco Sá Vasconcelos Junior

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO - UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
Julho – 2009**

PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO EM CULTIVO TRADICIONAL E
TECNIFICADO NO NORTE FLUMINENSE

JOSÉ FRANCISCO SÁ VASCONCELOS JUNIOR

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, com ênfase em Mecanização Agrícola

Orientador: Prof. Ricardo Ferreira Garcia

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
Julho – 2009

PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO EM CULTIVO TRADICIONAL E
TECNIFICADO NO NORTE FLUMINENSE

JOSÉ FRANCISCO SÁ VASCONCELOS JUNIOR

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, com ênfase em Mecanização Agrícola

Aprovada em 21 de julho de 2009.

Comissão Examinadora:

Prof. Carlos Frederico de Menezes Veiga - UFRRJ

Dr. Silvério de Paiva Freitas Júnior - UENF

Prof. Elias Fernandes de Sousa - UENF

Prof. Ricardo Ferreira Garcia - UENF
Orientador

Aos meus pais, José Francisco Sá Vasconcelos e Luiza Helena Martins Vasconcelos, pelo grande apoio em todas as etapas da minha vida, principalmente nessa caminhada de elaboração até a conclusão da dissertação de mestrado em Produção Vegetal.

Aos meus avós, Odilam Nogueira Martins, Hilda Gomes Martins, Francisco da Silva Vasconcelos e Maria Milta Sá Vasconcelos (*in memorium*).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao Papai do Céu, pela paciência com meus erros e por sempre guiar-me nas minhas “aventuras”.

Aos meus pais, José Francisco (Ferrete) e Luiza Helena, por me aturarem e me darem todo apoio e suporte. Obrigado!

Ao meu orientador, Prof. Ricardo Ferreira Garcia, pela orientação, confiança, amizade e o fundamental, ensino na otimização do tempo.

Ao meu co-orientador, Prof. Silvério de Paiva Freitas, pela ajuda na minha orientação e formação.

A Dra. Glória Cristina da Silva Lemos, muito obrigado pela confiança, apoio e conselhos.

Aos professores que contribuíram de forma ativa para que eu pudesse relatar esses agradecimentos: Elias Fernandes, Fábio Coelho, Nivaldo Ponciano e Carlos Frederico.

Aos meus amigos e companheiros que contribuíram diretamente nesse trabalho: Wellington do Vale, Silvério Junior, Márcia Terezinha, Thiago Braga, Max Ribas, Herval, Dr. Bolinho, Pablo Klaver, Eurico, Delorme, Reinaldo e Wander.

Ao Jader, pelo apoio na implantação e condução desse trabalho no campo.

BIOGRAFIA

José Francisco Sá Vasconcelos Junior, filho de José Francisco Sá Vasconcelos e Luiza Helena Martins Vasconcelos, nasceu em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, no dia 11 de março de 1982.

Em dezembro de 2006, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.

Em agosto de 2007, iniciou, na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), o curso de Mestrado em Produção Vegetal com ênfase em Mecanização Agrícola, defendendo a dissertação em julho de 2009.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica.....	4
2.1 Aspectos gerais.....	4
2.2 Variedade BR1-XODÓ	5
2.3 Sistemas de irrigação.....	5
2.4 Irrigação e nitrogênio no feijoeiro	7
2.5 Sistemas de adubação.....	8
2.6 Adubação no feijoeiro	9
2.7 Plantas daninhas.....	10
2.8 Plantas daninhas no feijoeiro	10
2.9 Controle químico das plantas daninhas na cultura do feijoeiro	12
2.10 Aplicação de produtos químicos com pulverizador	13
2.11 Molibdênio	14
2.12 Agricultura de precisão.....	16
2.13 Sistema de Posicionamento Global - GPS.....	17
2.14 Aplicações do GPS	18
3. Objetivo	20
4. Material e Métodos.....	21
4.1 Sistema tradicional.....	24

4.2 Sistema tecnificado	24
4.3 Análise estatística	25
5. Resultados e Discussão.....	26
5.1 Componentes primários de produção e produtividade.....	26
5.2 Análise de custos	31
6. Resumos e Conclusões	34
7. Referências Bibliográficas.....	35

RESUMO

VASCONCELOS JUNIOR, José Francisco Sá; M. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Julho de 2009; Produtividade do Feijoeiro em Cultivo Tradicional e Tecnificado no Norte Fluminense; Professor Orientador: Ricardo Ferreira Garcia. Professor Co-Orientador: Silvério de Paiva Freitas.

O Brasil é considerado o maior produtor mundial de feijão, com uma produção de 3,59 milhões de toneladas na safra 2008/2009, constituindo num dos principais alimentos básicos e das fontes de proteína na dieta alimentar da população brasileira. Sabendo-se de sua importância, neste trabalho tem-se por objetivo comparar dois tipos de cultivos para cultura do feijoeiro, com a finalidade de obter maior renda. Foi utilizada uma área de 50 m x 60 m, localizada na UAP, sendo esta dividida em duas áreas de 27 m x 47 m. Em cada área foram demarcadas e georeferenciadas doze parcelas de 15 m x 6 m, com 1 m separando as parcelas, representando doze repetições por área. O primeiro sistema constituiu num cultivo tradicional, típico de produtores do Estado, com baixo controle, sem irrigação e com capina manual, e o segundo sistema foi um cultivo tecnificado aplicando técnicas de agricultura de precisão, tratos culturais, irrigação e aplicação de herbicida. Utilizou-se o feijão variedade BR1 Xodó em ambos os sistemas. Os resultados apresentaram um favorecimento em todos os componentes primários da produção do feijoeiro no sistema tecnificado, proporcionando um maior valor para o número de vagens por planta. Verificou-se

que os sistemas tiveram grande influência nos resultados, onde o número de vagens por planta, número de sementes por vagem e massa de 1.000 sementes foram favorecidos pelo sistema tecnificado. A produtividade entre os sistemas apresentou grande diferença, sendo a área tradicional apresentando uma produtividade média de 1.963 kg ha^{-1} , e o sistema tecnificado apresentando uma maior produtividade, com uma média de 3.513 kg ha^{-1} . A análise dos custos indicou que o sistema tecnificado apresentou um lucro maior quando comparado ao sistema tradicional. Sendo assim, esse trabalho vem corroborar a importância de um cultivo mais tecnificado, com um maior controle nos tratos culturais e com a devida irrigação, pois a cultura do feijoeiro é de grande sensibilidade a fatores bióticos e abióticos.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, aplicação de nutrientes, feijão, GPS, SIG.

ABSTRACT

VASCONCELOS JUNIOR, José Francisco Sá; M. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; July 2009; Yield of Beans in Traditional and Technified Farming in the North Fluminense; Advisor: Ricardo Ferreira Garcia. Co-Advisor: Silvério de Paiva Freitas.

Brazil is considered the world's largest producer of beans, with a production of 3.59 million tonnes in the 2008/2009 season, being the major basic food and protein source in the diet of the Brazilian population. The objective of this study was to compare two types of cultivation for the bean, in order to achieve greater gain. It was used an area of 50 m x 60 m, located in UAP, that was divided into two areas of 27 m x 47 m. In each area, it was demarcated and geoprocessed twelve plots of 15 m x 6 m with 1 m separating the plots, representing twelve repetitions per area. The first system used a traditional cultivation system, typical of producers in the state, with low control, without irrigation and with manual weeding, and the second system was a technified system applying techniques of precision agriculture, with soil correction, irrigation and application of herbicide. It was used the BR1 Xodó bean variety in both systems. The results showed best values in all primary components of the bean production in the technified system, with a higher value for the number of pods per plants. It was found that the treatments had a significant influence on the results, where the number of pods per plants, number of seeds per pods and mass of 1,000 seeds were favored by technified system. The productivity of the systems had huge difference, where the

traditional system gave a yield of 1,963 kg ha⁻¹, and the technified system presented almost the double of productivity, with an average yield of 3,513 kg ha⁻¹. Therefore, this work showed the importance of a culture with high technology applied, with greater control in cultural treatments, with proper soil fertilization, as the bean crop is highly sensitive to biotic and abiotic factors.

Key words: Application of nutrients, beans, GIS, GPS, precision agriculture.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o maior produtor mundial de feijão, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2009), sendo a área plantada e a produção da cultura, na safra 2008/2009 do Brasil, de 4,12 milhões de ha e 3,59 milhões de toneladas, respectivamente, constituindo num dos principais alimentos básicos e fonte de proteína na dieta alimentar da população brasileira.

O hábito de consumo de feijão pela família brasileira, tanto nas cidades como no meio rural, associado à grande adaptação climática da cultura, faz com que esta cultura seja distribuída por todo o território nacional. O feijão é considerado uma das espécies de leguminosas mais importantes no país, sendo o mais utilizado em nossa dieta como substituto de proteínas animais, além de constituir um produto de destacada importância nutricional, econômica e social (ZIMMERMANN et al., 1988), possuindo bom conteúdo de carboidratos, vitaminas, minerais, fibras e compostos fenólicos com ação antioxidante que podem reduzir a incidência de doenças.

As espécies mais cultivadas no Brasil são dos gêneros *Phaseolus* e *Vigna*. As cultivares do tipo carioca e o preto, do gênero *Phaseolus*, são as mais cultivadas nas regiões Centro-Oeste e Sul, sendo menos resistentes à seca, enquanto as do tipo caupi, do gênero *Vigna*, são mais cultivadas nas regiões Norte e Nordeste, sendo mais resistentes ao estresse hídrico (DOURADO NETO e ITO, 2006).

Dentre as práticas do cultivo de feijão, além do preparo do solo, correção, adubação e utilização de bons maquinários e operadores, todas de grande importância na agricultura atual, destaca-se a irrigação, por possibilitar a aplicação de água conforme a necessidade para criar condições de umidade do solo que permitam a cultura expressar o máximo potencial de produção.

Dentre os fatores de produção, a água e os nutrientes são os que limitam os rendimentos com maior frequência. Assim, o controle da irrigação e da fertilidade do solo constituem critérios essenciais para o êxito da agricultura (FRIZZONE, 1993). Seja em regiões áridas ou semi-áridas, onde a água é escassa, e também em regiões úmidas, a otimização da produção depende da utilização racional dos recursos hídricos.

De acordo com Doorenbos e Kassam (1979 apud Arf et al., 2004), a necessidade de água do feijoeiro com ciclo de 60 a 120 dias varia entre 300 a 500 mm para obtenção de alta produtividade. Segundo Vieira et al. (1998), a irrigação tem demonstrado grande importância para a cultura do feijoeiro, com o intuito de se obter alta produtividade.

Outro fator de grande importância, dentre as práticas de cultivo do feijoeiro, se dá pelo preparo do solo que deve ser realizado de modo a alterar o mínimo possível as suas características físicas e químicas originais, especialmente aquelas que afetam a infiltração e retenção de água, como porosidade e agregação (CASTRO et al., 1987), também diminuindo e evitando a compactação do solo.

Um dos grandes problemas no preparo da área de cultivo é a compactação do solo que afeta a aeração por causa das modificações na estrutura do solo e na drenagem da água. O efeito imediato é a redução no volume de macroporos, reduzindo a infiltração da água e dos gases, que dificulta o crescimento das raízes (PEDROSO e CORSINI, 1983) e reduz a absorção de nutrientes presentes no solo por estas, podendo ocasionar problemas nutricionais.

A recomendação da adubação mineral com base na análise de solos, prática que vem sendo melhor aplicada pelas técnicas de agricultura de precisão, deve prever a proporção de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), sendo que metade do adubo nitrogenado mais a totalidade do adubo com fósforo e potássio devem ser aplicados ao solo na cova ou no sulco antes do plantio. Em cobertura ao lado da planta, a outra metade do adubo com nitrogênio é aplicada antes da

floração. A adubação básica no plantio deve ser feita a uma profundidade de 15 cm, e a semeadura a 5 cm (SEAGRI, 2008). Em caso de adubação orgânica com a utilização de esterco, pode-se incorporá-lo ao terreno com antecedência de 30 a 40 dias, tendo certo cuidado com o risco de introdução de plantas daninhas na área de cultivo.

O feijoeiro é sensível à competição com plantas daninhas, quando cultivado em épocas desfavoráveis ao seu cultivo, por ser planta do tipo C3, de ciclo curto, sistema radicular pouco profundo, porte baixo, crescimento inicial muito lento – até 20 ou 30 dias após emergência, favorecendo o desenvolvimento das plantas daninhas, normalmente plantas C4, e de crescimento rápido e de alta competitividade (COBUCCI et al., 1996).

Com o aumento da competitividade global no agronegócio, torna-se necessário a otimização da produção, obtida por meio da união das práticas citadas com intuito de reduzir as perdas e os custos, e pelo aumento da produtividade e da qualidade do produto final. O uso de sistema de informações geográficas (SIG), no contexto de agricultura de precisão, é uma poderosa ferramenta na avaliação de fatores quantitativos e qualitativos de tratos mecanizados. Segundo Câmara e Medeiros (1998), o SIG é um sistema que trata computacionalmente dados georeferenciados, podendo ser utilizado também para analisar e otimizar os sistemas de produção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos principais alimentos consumidos pelo brasileiro, cuja produção é distribuída por todas as regiões do país. Ressalta-se que além do feijoeiro-comum, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) também apresenta uma grande produção no cenário nacional.

O feijão-caupi é mais cultivado nas regiões Norte e Nordeste do país. Na safra 1998-1999, a cultura do feijoeiro-comum ocupou 3,33 milhões de hectares, com produção de 2,52 milhões de toneladas (YOKOYAMA e STONE, 2000). Em 2004, entretanto, houve redução da área plantada e da produção, para 2,52 milhões de hectares e 2,64 milhões de toneladas, respectivamente (EMBRAPA, 2006). As produtividades alcançadas nos períodos, de 756 e de 954 kg ha⁻¹, respectivamente, podem ser consideradas baixas, pois existem variedades com potencial produtivo bem mais elevado – algumas até três vezes maiores – disponíveis aos produtores rurais (YOKOYAMA e STONE, 2000).

Entre os fatores responsáveis por esta realidade, podemos considerar o manejo inadequado das plantas daninhas na cultura. A interferência das plantas daninhas no feijoeiro tem efeito direto, provocando redução de produtividade, além de dificultar a colheita e prejudicar a qualidade dos grãos. O período crítico de interferência das plantas daninhas com o feijoeiro-comum sofre influência variável em função das condições ambientais de cada local, podendo situar-se entre 15 e 30 dias após a emergência das plantas (VIEIRA, 1985) ou entre 36 e

57 dias após emergência (KOSLOWSKI et al., 2002). A redução de produtividade devido à livre interferência das plantas daninhas com o feijoeiro-comum pode ser de até 75% (FONTES et al., 2006; KOSLOWSKI et al., 2002) e uma redução de mais de 90%, segundo Vasconcelos Junior (2007).

A partir de levantamento sobre trabalhos publicados na Revista Planta Daninha, principal publicação da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, utilizando “feijão” como palavra-chave, foram encontrados apenas 38 artigos sobre o feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) no período de 1978 à 2008 (ARAÚJO et al., 2008; CRUZ e GRASSI, 1981; SILVA et al., 2005; VICTORIA FILHO e GODOY JUNIOR, 1978), resultando numa média de cerca de 1,26 trabalhos publicados por ano sobre controle de plantas daninhas para esta espécie. Embora a revista Planta Daninha não seja o único veículo de divulgação de trabalhos técnico-científicos relacionados à cultura do feijoeiro, é um dos principais veículos sobre plantas daninhas, correspondendo, portanto, a um bom indicativo sobre a situação do tema de plantas daninhas na cultura do feijão.

2.2 Variedade BR1-Xodó

A variedade BR1-Xodó se caracteriza por hábito de crescimento indeterminado ereto, com guias intermediárias, flores violetas, vagens amarelo-areia quando madura, sementes médias, com brilho opaco, preto-manchadas, reniformes e ciclo intermediário de cerca de 80 dias.

Nas condições do Rio de Janeiro, esta variedade tem demonstrado alto potencial de produção, com rendimento de 1.693 kg ha⁻¹, em três anos de experimentação, e superando as variedades locais, sendo recomendada especialmente para as baixadas litorâneas e condições de cultivo com tecnologia (PESAGRO-RIO, 1985).

2.3 Sistemas de irrigação

O manejo da irrigação supõe o uso criterioso do recurso hídrico disponível para se atingir determinados objetivos, como por exemplo, alta produtividade das culturas com o uso eficiente da água, da energia e de outros fatores de produção. Além disso, outros objetivos também podem ser estabelecidos, tais como,

maximizar a produção vegetal por unidade de custo da mão-de-obra ou do capital investido (FIGUEIREDO et al., 2006).

O método de irrigação é a forma pela qual a água pode ser aplicada às culturas. Basicamente, são quatro os métodos de irrigação: superfície, aspersão, localizada e subirrigação. Para cada método, há dois ou mais sistemas de irrigação, que podem ser empregados. A razão pela qual há muitos tipos de sistemas de irrigação é a grande variação de solo, clima, culturas, disponibilidade de energia e condições socioeconômicas para as quais o sistema de irrigação deve ser adaptado (ANDRADE e BRITO, 2008).

Cada método tem um ou mais sistemas associados em função da melhor adequação a diversos fatores, tais como, topografia, tipo de solo, cultura e clima, além da vazão e do volume total de água disponível durante o ciclo da cultura.

De acordo com Frizzone (2004), a irrigação pode atender plenamente a demanda de água da cultura, sendo um problema relativamente simples e claramente definido. Entretanto, uma mudança fundamental deverá ocorrer nas práticas da irrigação nos próximos anos, em decorrência das pressões econômicas sobre os agricultores, da crescente competição pelo uso da água e dos impactos ambientais da irrigação. Tais fatores deverão motivar uma mudança do paradigma da irrigação, enfocando-se mais a eficiência econômica do que a demanda de água da cultura.

Ademais, o feijão é uma cultura de elevado padrão de risco, devido à grande sensibilidade tanto ao déficit hídrico quanto ao excesso de água, tornando-se cada vez mais interessante a inserção de tecnologia na produção, utilizando-se de sistemas de irrigação e outras tecnologias, que promovam ganhos de produtividade, tornem a oferta mais constante ao longo do ano e reduzam os riscos associados à atividade. Além disso, Azevedo e Caixeta (1986) verificaram que a produção de feijão irrigado é mais alta quando comparada à produção de feijão não irrigado mesmo sendo cultivado em período chuvoso. Ressalta-se que, de acordo com Figuerêdo (1998), a utilização inadequada de tecnologias e uso de processos rudimentares causam baixos rendimentos da cultura de feijão no Brasil.

2.4 Irrigação e nitrogênio no feijoeiro

Embora a fase reprodutiva seja a mais sensível ao estresse hídrico, o déficit na fase vegetativa do feijão também é prejudicial (MAURER et al., 1969; MIRANDA e BELMAR, 1977). Maurer et al. (1969) verificaram que plantas de feijão submetidas a estresse hídrico intenso na fase vegetativa recuperaram-se quando irrigadas adequadamente do início da floração em diante, embora não tenham produzido tão bem quanto aquelas que não sofreram déficit hídrico.

A irrigação tem forte influência nas doenças causadas por fungos habitantes do solo. Segundo Silveira et al. (1996), o mofo-branco, causado por *Sclerotinia sclerotiorum*, é favorecido por solos úmidos. Weiss et al. (1980) verificaram que, sob irrigação excessiva, a doença foi 13 vezes mais intensa do que sob irrigação normal. Em áreas com problema de mofo-branco, alguns produtores de feijão irrigado têm provocado estresse hídrico na fase vegetativa do ciclo da cultura, reduzindo a lâmina de água aplicada. Isto visa criar condições desfavoráveis à doença pela redução da umidade do solo e do desenvolvimento das plantas. Com o desenvolvimento mais lento, a cultura fecha o dossel mais tarde, melhorando a aeração entre as plantas.

O incremento na dose de nitrogênio aplicada ao feijoeiro compensa parcialmente o efeito do estresse hídrico (COSTA, 1986). Esta poderia, portanto, ser uma estratégia para reduzir as perdas em produtividade. Por outro lado, a semeadura direta do feijoeiro irrigado por aspersão na resteva da cultura anterior vem tendo aceitação cada vez maior na região Central do Brasil.

Assim, na resposta do feijoeiro ao nitrogênio, deve-se considerar o sistema de preparo do solo. Muzilli (1983) relatou maior necessidade de nitrogênio no plantio direto, em comparação a outros sistemas de preparo que mobilizam o solo. A principal causa da menor disponibilidade de nitrogênio no plantio direto é a imobilização microbiana do fertilizante nitrogenado aplicado em cobertura (KURIHARA et al., 1998).

Alguns experimentos realizados em diversas regiões do país mostraram ser dispensável a adubação nitrogenada em cobertura, pois foi observado o favorecimento da assimilação do nitrogênio atmosférico e melhor aproveitamento do nitrogênio absorvido na forma de nitrato (AMANE et al., 1994; VIEIRA et al., 1992).

2.5 Sistemas de adubação

A adubação é a prática agrícola que consiste no fornecimento de adubos ou fertilizantes ao solo, de modo a recuperar ou conservar a sua fertilidade, suprimindo a carência de nutrientes e proporcionando o pleno desenvolvimento das culturas vegetais.

A adubação pode ser classificada quanto ao tipo de fertilizante, como mineral – NPK: sulfato de amônio, super fosfato simples; cloreto de potássio; ou orgânico – esterco de curral, vermicomposto, vinhaça, adubos verdes etc.

Segundo Barbosa Filho et al. (2005a), o feijoeiro é uma das principais culturas plantadas na entressafra em sistemas irrigados nas regiões Central e Sudeste do Brasil. Entre as tecnologias indicadas para este sistema de cultivo, a adubação nitrogenada é fundamental quando se deseja obter altos níveis de produtividade. Entre os nutrientes essenciais, o nitrogênio constitui-se num dos mais limitantes ao crescimento do feijoeiro nos solos brasileiros. Muitos trabalhos de pesquisa publicados sobre adubação do feijoeiro comum demonstram que depois do fósforo, a resposta dessa cultura à aplicação de fertilizantes nitrogenados é a mais alta, comparada aos outros nutrientes. O nitrogênio aplicado em cobertura até a dose máxima testada de 120 kg ha⁻¹ apresenta resposta significativa com níveis de produtividades acima de 2.000 kg ha⁻¹.

Com agricultores aderindo cada vez mais a sistemas de produção menos impactantes ao ambiente, como plantio direto, cultivo mínimo e rotação de culturas, urge redefinir alguns critérios até aqui adotados no manejo da adubação, principalmente a de nitrogênio, onde, além das perdas por volatilização de NH₃, pode haver intensa imobilização do nitrogênio durante a decomposição dos resíduos vegetais deixados na superfície do solo pela cultura antecedente (BARBOSA FILHO et al., 2005a).

Adubações em pequenas profundidades do solo tendem a favorecer a absorção de fósforo nos estágios iniciais de crescimento da planta, quando a taxa de absorção é maior. Além disso, as raízes, em geral, se desenvolvem mais densamente nos pontos em que há maior suprimento de fósforo e a absorção máxima de fósforo pode ocorrer quando uma fração intermediária da profundidade do solo for adubado.

O modo de adubação, independentemente do sistema de preparo do solo, influencia nas proporções e concentrações das misturas dos adubos com o solo, determinando diferentes graus de reação e, conseqüentemente, afetando a disponibilidade dos nutrientes e a distribuição das raízes no perfil do solo, bem como a sua absorção e a de água (MARCOLAN, 2007).

2.6 Adubação no feijoeiro

A exigência nutricional das culturas, em geral, torna-se mais intensa com o início da fase reprodutiva, sendo mais crítica na época de formação das sementes, quando consideráveis quantidades de nutrientes são translocadas para elas. Essa maior exigência se deve ao fato de os nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

A disponibilidade de nutrientes influencia a formação do embrião e dos cotilédones com resultados eficazes sobre o vigor e a qualidade fisiológica.

O papel dos nutrientes é fundamental durante as fases de formação, desenvolvimento e maturação das sementes, principalmente na constituição das membranas e no acúmulo de carboidratos, lipídios e proteínas (SÁ, 1994).

Segundo Teixeira (2000), o fornecimento adequado e equilibrado de nutrientes para o feijoeiro, pelo uso de adubos minerais, poderá contribuir não só para aumentar a produtividade, mas também para melhorar o valor nutricional do feijão. Assim, o uso da calagem e da adubação equilibrada poderá fornecer nutrientes que não se encontram em quantidades suficientes no solo, promovendo maior produtividade e melhor qualidade organoléptica e nutricional.

A qualidade do produto agrícola, de acordo com Malavolta (1981), pode ser definida como sendo o conjunto de características que aumenta o seu valor nutritivo para o homem ou animal, que acentua suas propriedades organolépticas e aumenta o seu valor comercial ou industrial.

O nitrogênio é amplamente destacado e reconhecido por sua importância no crescimento do feijoeiro e, principalmente, pelo incremento de produtividade (BRAGA et al., 1973).

A uréia e o sulfato de amônio são os fertilizantes nitrogenados mais utilizados na agricultura brasileira. Porém, em sistemas agrícolas

conservacionistas, em que o revolvimento da camada superficial do solo para o plantio é mínimo, os resultados de pesquisas sobre as definições de doses, fontes e método de aplicação na cultura do feijoeiro irrigado ainda são muito limitados. (BARBOSA FILHO et al., 2005 b).

2.7 Plantas daninhas

O conceito de planta daninha está diretamente relacionado ao princípio de indesejabilidade, isto é, qualquer planta, cultivada ou não, pode ser considerada daninha se estiver interferindo negativamente em determinada atividade de interesse humano.

Segundo Fisher (1973), as plantas daninhas verdadeiras são aquelas que apresentam rusticidade e grande vigor reprodutivo e vegetativo, tendo capacidade de sobreviver, crescer e reproduzir em condições extremas de ambiente, além de apresentar resistência a pragas e doenças. As principais características das plantas daninhas, de acordo com Cardenas et al. (1972), são ciclo de vida semelhante ao da cultura, plasticidade populacional, germinação desuniforme, produção de inibidores – efeitos alelopáticos, e produção de grande número de sementes e/ou estruturas reprodutivas.

Oliveira e Freitas (2008) realizaram um levantamento fitossociológico em Campos dos Goytacazes, RJ, identificando e quantificando a composição florística de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, identificando 95 espécies de plantas daninhas infestantes, distribuídas em 74 gêneros e em 30 famílias. A família mais representativa de todo o levantamento fitossociológico, no que se refere a número de espécies, foi a Poaceae, no total de 23, seguida por Asteraceae (17), oito Euphorbiaceae, seis Malvaceae, seis Papilionoideae e cinco Amaranthaceae. Resultado também observado por Brandão et al. (1995) em trabalho no Estado do Rio de Janeiro.

2.8 Plantas daninhas no feijoeiro

Em uma lavoura de feijão podem aparecer inúmeras plantas estranhas à espécie explorada, as quais são chamadas de plantas daninhas. Por ser uma cultura de ciclo relativamente curto, o feijoeiro é bastante sensível à competição

de plantas daninhas, sobretudo nas fases iniciais de desenvolvimento. Além disso, as invasoras podem prejudicar a colheita, tornando-a mais onerosa, e diminuir a qualidade do produto colhido. As plantas daninhas estabelecem competição por fatores de produção com a cultura, tais como energia luminosa, água, nutrientes e espaço físico, de modo que dependendo da intensidade de infestação e agressividade competitiva das espécies dominantes, poderão causar elevadas perdas na produção, caso não sejam controladas no momento oportuno (COBUCCI, 1996).

O controle deve ser aplicado antes do período crítico de competição e a escolha do método deve estar relacionada às condições locais de mão-de-obra e de implementos agrícolas, sempre considerando a análise de custos. Em grandes áreas é difícil controlar as plantas daninhas apenas com métodos mecânicos; assim, é utilizada a integração com métodos culturais, como espaçamento e densidade de semeadura, e com o método químico.

O manejo de plantas daninhas envolve atividades dirigidas às mesmas – manejo direto, e ao sistema formado pelo solo e pela cultura – manejo indireto. O manejo direto refere-se à eliminação das plantas daninhas com uso de herbicidas, ação mecânica ou manual e ação biológica. Para o uso de herbicidas é necessário identificar as plantas daninhas e o estágio de crescimento para a recomendação de doses e tipos de herbicidas.

Vasconcelos Junior (2007) observou que o rendimento da variedade BR1 Xodó foi inferior a BRS Valente, quando o controle das plantas daninhas foi realizado aos 35 dias após a semeadura. Este resultado foi atribuído ao menor ciclo e maior sensibilidade da variedade BR1 Xodó à competição com plantas daninhas, pois, segundo Gomes et al. (2000), a floração plena desta variedade ocorre entre 36 e 39 dias após semeadura, com início de formação de vagens entre 40 e 44 dias após semeadura.

O manejo cultural se baseia no desenvolvimento de sistemas que propiciem ao feijoeiro manifestar seu potencial produtivo máximo, favorecendo-lhe a competição com as plantas daninhas, pela utilização de práticas como o equilíbrio na fertilidade do solo, estande uniforme de plantas, manejo de adubação, arranjo espacial das plantas e época adequada de plantio.

Outro tipo de manejo cultural é o uso de cobertura morta, com capacidade de diminuição da emergência das plantas daninhas por efeitos alelopáticos e

físicos. O plantio consorciado de culturas com forrageiras antes do plantio do feijão está sendo uma prática usada para a produção da cobertura morta, sem afetar o cronograma de plantio do produtor. Todas estas práticas de manejo de plantas daninhas têm a finalidade de aumentar a eficiência e a economicidade da lavoura e a preservação ambiental, evitar o adensamento do solo, o acúmulo de resíduos de herbicidas e a seleção de plantas daninhas resistentes (COBUCCI e KLUTHCOUSKI, 2000).

2.9 Controle químico das plantas daninhas na cultura do feijoeiro

O controle de plantas daninhas por meio de uso de herbicidas tem sido o método mais utilizado na cultura do feijão quando este é cultivado em grandes áreas devido à praticidade e à grande eficiência. Além disso, esse método permite controlar plantas daninhas em épocas chuvosas, quanto o método mecânico e manual são difíceis de ser utilizados e muitas vezes ineficientes (FERREIRA et al., 2006).

Os principais herbicidas recomendados para o controle de plantas daninhas na cultura do feijão são determinados por vários fatores. A utilização de herbicidas, em pré ou pós-emergência, dependerá das características do produto, principalmente de sua seletividade, sendo importante o conhecimento do comportamento desse produto no solo e na planta. Também é de grande importância o manejo do solo, pois os efeitos diferenciados dos sistemas de preparo do solo sobre as plantas daninhas podem modificar a composição botânica da comunidade (JAKELAITIS et al., 2003).

Em determinadas épocas do ano, observa-se uma inversão das espécies dominantes, sendo influenciadas por fatores climáticos, tais como temperatura, energia luminosa, fotoperíodo e práticas agrícolas realizadas pelo produtor. Portanto, nas épocas quentes do ano, há predominância de espécies de plantas de metabolismo tipo C4, monocotiledôneas, em geral, enquanto nas épocas em que há declínio da temperatura, as plantas de metabolismo tipo C3, dicotiledôneas, em geral, ganham espaço. Por isso, nos plantios de inverno, existe a tendência de predomínio de plantas daninhas do grupo das dicotiledôneas (PEREIRA, 1989). Portanto, esses fatores devem ser levados em

consideração pelo agricultor com a finalidade de viabilizar um controle integrado das plantas daninhas.

O fomesafen, um dos dois herbicidas usados na formulação do Robust®, é do grupo dos difenil – éteres, e apresenta como mecanismo de ação a formação de grandes quantidades de oxigênio singleto (O_2), reconhecidamente capaz de iniciar o processo de peroxidação de lipídeos. Hess (1995) comprovou que o pigmento envolvido era a protoporfirina IX, um precursor da clorofila, porém, estudos recentes mostraram que a enzima inibida pelos herbicidas do grupo dos difenil é a protoporfirinogênio oxidase, conhecida pela abreviatura Protox.

O protoporfirinogênio IX, precursor da protoporfirina IX, sai do centro de reação do cloroplasto quando a Protox é inibida e se acumula no citoplasma, onde ocorre a oxidação enzimática, e o produto formado não serve como substrato para a enzima Mg-quelatase, responsável pela formação da Mg-protoporfirina IX. A protoporfirina IX formada no citoplasma, sem magnésio, interage com o oxigênio e a luz para formar o oxigênio singleto e iniciar o processo de peroxidação dos lipídeos da plasmalema (HESS, 1995).

O herbicida fluazifop-p-butil + fomesafen (Robust®) do fabricante Zeneca, com formulação 200 + 250 g.L⁻¹, é um herbicida de pós-emergência usado no controle de plantas daninhas como gramíneas e certas plantas dicotiledôneas, nas doses de 0,8 a 1,0 L.ha⁻¹ (SYNGENTA, 2007). Deve ser aplicado quando os feijoeiros se encontram nos estágios de 1ª e 3ª folhas-trifoliadas, com o solo úmido e a umidade relativa do ar entre 70 e 90%, com adjuvante recomendado pelo fabricante. Esse herbicida pode ser tóxico para milho e sorgo em plantio sequencial.

2.10 Aplicação de produtos químicos com pulverizador

Com o aumento da população, veio a necessidade de se produzir mais alimentos. Para atender ao aumento da produção agrícola, houve a exigência do desenvolvimento de novas tecnologias, desde o preparo do solo até a colheita e beneficiamento dos produtos, dentre as quais está a aplicação de agrotóxicos, que podem variar de alta à baixa toxicidade. Portanto, é de extrema importância que, para utilizarmos esses produtos, tenhamos conhecimento quanto à sua escolha.

A pulverização pode ser feita com trator utilizando um pulverizador de barras. Este método é um dos mais indicados sempre que possível, para médias e grandes propriedades. O ponto forte deste método é a homogeneidade da pulverização.

A uniformidade de distribuição da calda, ao longo da barra de pulverização, é dada pelas condições de montagem e operação do equipamento, como espaçamento entre bicos, altura da barra, ângulo de abertura dos bicos e pressão de trabalho (PERECIN et al., 1994; BAUER e RAETANO, 2004), sendo avaliada pelo coeficiente de variação da resultante da sobreposição de distribuição do conjunto de bicos colocados na barra.

Sobretudo, é possível manter tais regulagens invariáveis, durante todo o dia de trabalho, contribuindo sob vários aspectos para a diminuição do custo final de uma pulverização. Outro aspecto importante é a menor demanda por mão-de-obra, necessitando apenas do tratorista e de um assistente. Mais uma vez, é importante ter sempre em mente, que muito embora seja uma técnica que visa diminuir custos de manutenção da lavoura, isto só acontecerá se o trabalho for feito dentro das técnicas, com pessoal devidamente treinado e que esteja consciente da natureza do trabalho que estão realizando. Caso contrário, é desaconselhável tentar utilizar um herbicida, mesmo em pequenas áreas.

2.11 Molibdênio

Requerido em pequenas quantidades pelas plantas, a deficiência do micronutriente molibdênio (Mo) pode ocorrer por estar não disponível na solução do solo, provavelmente, devido à adsorção aos colóides de argila, competição com sulfatos ou através da formação de complexos com a matéria orgânica do solo (MARSCHNER, 1995). A adsorção do íon molibdato (MoO_4^{-2}) vai depender do pH, da sua concentração na solução, dos teores e qualidade da argila e da matéria orgânica, e da composição mineralógica do solo.

A maior parte do Mo absorvido pelas plantas está na forma MoO_4^{-2} , disponível na solução do solo e transportado via fluxo de massa (MARSCHNER, 1995). O MoO_4^{-2} é um ácido fraco que encontra-se dissociado em pH na faixa de 4,5 a 6,5. Valores de pH abaixo desta faixa tornam o Mo existente na solução do solo, predominantemente, sob a forma não dissociada de ácido molíbdico (H_2MoO_4) (MARSCHNER, 1995). A disponibilidade de Mo cresce com o aumento

do pH, pois o MoO_4^{-2} adsorvido nos óxidos de ferro e de alumínio é deslocado dos sítios de troca pelo OH^- (MALAVOLTA, 1980). O pH de máxima adsorção de MoO_4^{-2} ocorre quando o pH da solução se iguala ao pK_2 do ácido molibídico, que corresponde ao pH 4,0 (SIQUEIRA e VELOSO, 1978).

A prática da calagem pode favorecer a disponibilidade de Mo em solos que contêm este elemento, porém, devido à acidez, resultando em valores baixos de pH, faz com que esse elemento esteja adsorvido na forma não lábil, logo, fazendo-se a calagem, o pH aumenta, tornando o Mo disponível na forma de MoO_4^{-2} . PARKER e HARRIS (1962) e VITTI et al. (1984) observaram resposta na produtividade para a aplicação de Mo na cultura da soja quando o pH do solo foi inferior a 4,8.

Em trabalho realizado em Campos dos Goytacazes, RJ, foi verificado efeito positivo do Mo aplicado por via foliar para a cultura do feijoeiro cultivar BRS – Valente. Vasconcelos Junior (2007) testou doses de molibdênio (0 e 75 g ha^{-1}) e manejos de plantas daninhas (sem manejo, capina manual com enxada e aplicação do herbicida fluazifop-p-butyl + fomesafen na dose de $0,8 \text{ L ha}^{-1}$). Para os tratamentos com aplicação de molibdênio e herbicida foi feita a mistura de tanque em uma mesma solução aquosa e aplicados conjuntamente em uma única pulverização. O autor observou que a produtividade média geral dos tratamentos com adubação e controle de plantas daninhas, com aplicação de molibdênio foi superior em quase 30% em relação ao tratamento sem molibdênio, indicando a importância deste micronutriente para a cultura.

O molibdênio na planta é razoavelmente móvel no transporte à longa distância. Essa mobilidade no floema é indicada pela retranslocação do molibdênio aplicado por via foliar. A forma de translocação de molibdênio pelas plantas é pouco conhecida, porém, há indícios de que, provavelmente, a forma MoO_4^{-2} possui maior translocação do que a forma de molibdênio complexado (MARSCHNER, 1995).

O molibdênio, sendo componente do complexo enzimático da nitrogenase e da redutase do nitrato, pode afetar a assimilação do nitrogênio. O molibdênio também é componente da oxidase desidrogenase da xantina, enzima atuante no catabolismo da purinase, ou seja, da síntese de ureídeos que em leguminosas, como soja e caupi, são os principais componentes nitrogenados nos nódulos (MARSCHNER, 1995), também encontrados em feijão nodulado e não-nodulado

(THOMAS et al., 1980). Logo, a baixa disponibilidade ou deficiência de molibdênio poderá levar à presença de baixos teores de nitrogênio em plantas crescidas sob condições de boa disponibilidade de nitrogênio no meio, ou que o obtenham via fixação biológica de nitrogênio, pela baixa atividade das enzimas participantes na sua assimilação.

Lopez et al. (1996) avaliaram as respostas de plantas de feijoeiro para diferentes níveis de molibdênio em solução nutritiva, estudando a absorção, distribuição e acumulação do componente. Os autores concluíram que o teor de molibdênio em raízes, talos e folhas aumenta com o aumento do tempo de tratamento e confirmaram a relação entre distribuição do molibdênio nas plantas e o metabolismo de nitrogênio, constatando que os altos valores de molibdênio encontrados não causam danos visuais ao feijoeiro. Eles afirmaram, ainda, que parece existir um mecanismo metabólico que limita a absorção de molibdênio quando sua disponibilidade é aumentada para as raízes.

2.12. Agricultura de precisão

A agricultura de precisão é um novo paradigma de gerenciamento agrícola, que se baseia no conhecimento e na consideração da variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção e da própria produtividade, podendo hoje ser usada em todos os aspectos no ciclo de produção de uma cultura, desde as operações de preparo do solo até a colheita. A tecnologia já está disponível, ou estará em breve, para melhorar a amostragem do solo, o preparo do solo, o plantio, a aplicação de fertilizantes, corretivos e pesticidas, a análise da lavoura e a colheita (MORGAN e ESS, 2003).

De todas as possibilidades de aplicação da agricultura de precisão, o monitoramento da lavoura no campo é o ponto de partida mais lógico para despertar o interesse do fazendeiro em adotar a tecnologia. Se os rendimentos dentro de um campo não variam muito e se o nível de rendimento está satisfatório, então há provavelmente um pequeno incentivo para se investir. Mas, a grande variação dos rendimentos no campo indica que as práticas atuais de cultivo podem não estar fornecendo as melhores condições de crescimento em todo o campo. Neste caso, a adoção da agricultura de precisão para outras

operações pode ser benéfica. Porém, podem ser necessários vários anos de informações de campo para se tomar uma boa decisão.

As técnicas e tecnologias da agricultura de precisão podem ser combinadas para criar um novo sistema para administrar a produção da cultura no sentido de aumentar a produtividade, com redução de custos e proteção dos recursos naturais.

2.13 Sistema de Posicionamento Global - GPS

O sistema de posicionamento, como o próprio nome sugere, é um método para identificar e gravar, eletronicamente, a localização de um objeto ou pessoa. Tal sistema pode ser usado para registrar a trajetória de um veículo na superfície da terra, no ar ou no espaço.

O sistema pode ser de grande utilidade na agricultura moderna. De fato, pode ser considerado a base da agricultura de precisão por permitir aos fazendeiros a identificação precisa da localização do trator, colhedora, ou do veículo de inspeção no campo. É verdade que mesmo sem a agricultura de precisão, o operador da máquina pode identificar a sua posição ou da máquina no campo durante as diferentes operações. Mas, a habilidade de gravar em um computador a localização precisa do veículo durante as operações de campo tem ajudado a reavivar o velho conceito da agricultura de precisão. Por exemplo, a gravação da posição da colhedora a cada instante durante a colheita fornece informações essenciais para a elaboração de mapas de campo (MORGAN e ESS, 2003).

O sistema de posicionamento global (GPS) é um sistema de navegação criado e operado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Criado no início dos anos 80, só passou a funcionar 24 horas por dia e em qualquer lugar do globo em 27 de abril de 1995. O sistema foi originalmente criado para auxiliar na navegação militar, mas hoje atende aos interesses industriais, comerciais e civis, livre de taxas, 24 horas ao dia em todas as condições de tempo. O GPS proporciona viagens terrestres, aéreas e marítimas mais seguras e eficientes. Para melhor descrever seu funcionamento, pode-se dividir o sistema inteiro em três partes: segmento espacial, de controle e do usuário (PFOST et al., 1998).

O segmento espacial do sistema atual consiste numa constelação de 24 satélites NAVSTAR (Navigation Satellite Time And Ranging – navegação através do cálculo de tempo e alcance dos satélites), sendo três destes reservas. Os satélites trabalham numa órbita a 20.200 km acima da superfície da terra, cada um circulando a terra duas vezes por dia. Eles seguem seis órbitas diferentes, sendo quatro em cada órbita. Cada satélite é equipado com transmissores e receptores de ondas de rádio, que são transmitidas a frequências variando de 1.200 a 1.500 MHz a uma velocidade de $300.000.000 \text{ m s}^{-1}$, no vácuo, e a uma velocidade sensivelmente reduzida pela atmosfera terrestre. Cada satélite carrega quatro relógios atômicos (dois de césio e dois de rubídio), que mantêm o tempo baseado na vibração atômica dos átomos de uma forma precisa permitindo, assim, o uso dos satélites para o mapeamento e navegação. A função do segmento espacial é gerar e transmitir os sinais – códigos, portadoras e mensagens de navegação (PFOST et al., 1998).

O segmento de controle é formado por uma cadeia de estações localizadas estrategicamente ao redor da terra e é responsável pela operação do sistema GPS. A principal estação de monitoramento está localizada na base aérea de Falcon Air Force Base, em Colorado. As demais estações, ao receberem os sinais transmitidos dos satélites, retransmitem as informações à estação principal, que, por sua vez, utiliza estas informações para calcular a órbita exata dos satélites e para atualizar os sinais de navegação, quando os satélites passam pelas antenas de terra (DAVIS et al., 1998).

As unidades de GPS ou receptores, os quais civis e militares usam para determinar a posição de um veículo ou pessoas, constituem, juntamente com algoritmos, programas, metodologias e técnicas de levantamento, no segmento do usuário. Os receptores GPS para civis não requerem licença para sua utilização, pois não transmitem sinais de rádio, apenas recebem sinais. Também não há taxa cobrada na utilização dos sinais dos satélites GPS (MORGAN e ESS, 2003).

2.14 Aplicações do GPS

O sistema de posicionamento global tem diversas aplicações nos ambientes relacionados aos setores urbanos e rurais. Na área urbana, os

sistemas GPS incluem a cartografia de infra-estrutura de utilidade, transporte, vias de gás, energia, água e esgoto, por exemplo. Os caminhos são digitalizados utilizando a tecnologia GPS, auxiliando na digitalização e confecção de mapas. As condições das estradas, ruas, áreas e setores que precisam de intervenção, como reparos e manutenção, entram como atributos para uso em inventários e programas de sistemas de informações geográficas (GIS), permitindo rápida localização e intervenção.

No setor rural, os benefícios ambientais são evidentes e poderão possibilitar a continuidade e expansão da atividade agrícola sem comprometer o meio ambiente. Os sistemas de mapeamento GPS ajudam a delinear características de campo para agropecuária – microlinhas, tipos de solo, práticas de colheitas, infestação de ervas daninhas, doenças das plantas, danos causados por insetos e produtividade da cultura são gravados e georeferenciados diretamente com suas localizações (CIAGRI, 2003), permitindo a tomada de decisão em cima dos atributos georeferenciados.

3. OBJETIVO

Objetivou-se, neste trabalho, dois sistemas de cultivos para cultura do feijoeiro – tradicional, normalmente conduzido por produtores da região; e tecnificado, com aplicação de agricultura de precisão, com a finalidade de obter maior e melhor produtividade, determinando maior lucro, pela diferença entre receitas e despesas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP), do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, numa área com 50 m x 60 m, localizada na UAP (Figura 1), sendo esta dividida em duas áreas de 27 m x 47 m. Em cada área, foram demarcadas e georeferenciadas doze parcelas de 15 m x 6 m, com 1 m separando as parcelas (Figura 2), representando doze repetições por área.



Figura 1. Área experimental destacada em vermelho, localizada na UAP da UENF, Campos dos Goytacazes - RJ.

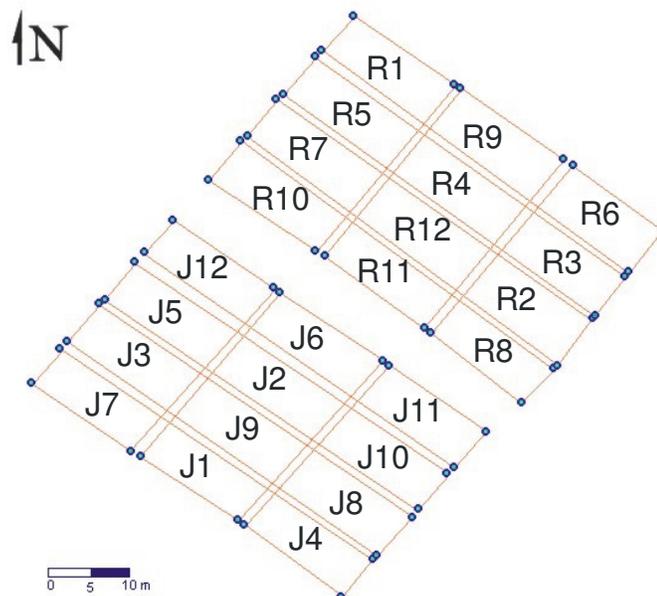


Figura 2. Croqui das duas áreas georeferenciadas, onde as repetições R representam o sistema tecnificado e as repetições J representam o sistema tradicional.

Foram instalados dois sistemas de cultivo de feijão, variedade BR1 Xodó, sendo um sistema tradicional, representando produtores da região Norte Fluminense, de acordo com visitas às propriedades, e um sistema tecnificado aplicando técnicas de agricultura de precisão.

As condições climáticas nos meses de condução do experimento foram determinadas pela estação evapotranspirométrica da UENF, instalada na PESAGRO (Quadro 1).

Quadro 1. Valores médios diários das condições climáticas temperatura (T), umidade relativa (UR), velocidade do vento (Vv), radiação global (Rg) e precipitação (P) nos meses de condução do experimento.

Meses	T (°C)	UR (%)	Vv (m s ⁻¹)	Rg (W m ⁻²)	P (mm)
Março	26,325	76,523	1,736	182,051	3,43
Abril	23,635	78,911	1,860	181,051	2,95
Maiο	22,608	79,282	1,772	140,364	0,76
Junho	20,475	79,174	1,881	134,848	1,22

O preparo da área, plantio, colheita e análise de custos foram feitos da mesma forma em ambas as áreas.

O preparo primário da área foi realizado com um arado de discos fixo com três discos de 26", e o preparo secundário com uma grade aradora de dupla ação offset hidráulica com 12 discos de 26", tracionados pelo trator Massey Ferguson MF283 4x2 TDA, com potência no motor de 85 cv na rotação nominal.

No plantio realizado em 20/03/09, utilizou-se um trator John Deere 5705 4x2 TDA, com potência no motor de 85 cv na rotação nominal, acoplado a uma semeadora-adubadora Seed-Max PCR 2226. A semeadora foi regulada com um espaçamento de 50 cm entre linhas, com a finalidade de distribuir 11,4 sementes por metro, sendo usado disco dosador de sementes de 30 furos e as engrenagens A e B com 28 e 14 dentes, respectivamente.

A semeadora-adubadora foi regulada para distribuir adubo na dosagem de 32,14 g m⁻¹ do adubo N-P-K, na formulação 4-14-8, respectivamente, com base na análise do solo. A recomendação foi feita com intuito de fornecer 642 kg ha⁻¹.

A colheita da cultura foi realizada em 15/06/09, completando 87 dias após semeadura, onde se realizou a colheita das doze parcelas manualmente, sendo coletadas 11 plantas em cada parcela, e quantificado o número de vagens, número de sementes por vagens, massa de 1.000 sementes e produtividade, sendo georeferenciada a produtividade de cada parcela utilizando o aparelho GPS Garmin 60CSX.

Com os dados das áreas, foi gerado um mapa de produtividade utilizando o programa Surfer 8.0, pelo método krigagem simples.

A separação dos grãos foi realizada com uma máquina trilhadora de grãos estacionária modelo NUX BC 30 JUNIOR, acionada pela tomada de potência do trator modelo John Deere 5705 4x2 TDA.

Para estimar a viabilidade desse trabalho em despesas e renda, procedeu-se análise de custos e comparativo econômico para os dois sistemas de produção de feijão.

Para desenvolver a análise dos custos dos dois sistemas de produção supracitados, foram considerados 19 itens relacionados aos coeficientes: operações, insumos, administração e pós-colheita. As estimativas de custo de

produção das lavouras de feijão foram estabelecidas com base no Real, moeda brasileira comercial.

4.1 Sistema tradicional

O cultivo tradicional de feijão foi efetuado com base nas observações realizadas durante visitas a produtores da região Norte Fluminense, onde se identificou e caracterizou devidamente as etapas e práticas realizadas em suas propriedades.

Para análise química do solo, obteve-se uma amostra composta, com o auxílio de um trado, onde foram coletas em quinze pontos aleatórios na área do experimento na profundidade de 0 a 25 cm.

O sistema tradicional não foi irrigado, e o suprimento de água em todo o ciclo da cultura foi pela precipitação, monitorada com base nos dados da estação evapotranspirométrica da UENF, instalada na PESAGRO, verificando-se 74,0; 88,5, 22,1 e 18,05 mm de lâmina de água nos meses de março, abril, maio e junho, respectivamente, totalizando 202,65 mm em todo o ciclo da cultura.

O controle das plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual utilizando enxada entre as linhas e catação na linha de cultivo após 25 dias da semeadura.

4.2 Sistema tecnificado

O cultivo tecnificado do feijão foi realizado utilizando técnicas de agricultura de precisão em algumas etapas do sistema de produção.

Para análise química da área, foi demarcada uma parcela com 90 m², onde foram coletados quatro pontos representando uma parcela, sendo repetido esse método nas 12 parcelas, obtendo 12 análises de solo na área tecnificada.

Além do preparo primário citado acima, adotou-se a utilização de um subsolador de 1,30 m de largura, tracionado por um trator John Deere 5705 4x2 TDA, após a observação de camada compactada localizada no perfil de aproximadamente 20 cm, utilizando o penetrômetro da marca DICKEY JOHN.

A aplicação do adubo nitrogenado (uréia) foi realizada à lanço em cobertura, com a finalidade de fornecer 100 kg de N ha⁻¹, 35 dias após a semeadura.

A irrigação foi toda manejada com controle da lâmina de água, fornecendo 307,8 mm de lâmina de água em todo ciclo da cultura, utilizando 12 aspersores com vazão de 1.908 L h⁻¹, espaçados de 12 m entre si e a aplicação foi realizada duas vezes por semana, com a finalidade de aplicar 27 mm de água por semana.

Para o controle das plantas daninhas e aplicação do micronutriente molibdênio, foram aplicados, no mesmo recipiente, 25 dias após a semeadura, o herbicida Robust[®], na dose de 0,8 L ha⁻¹ de produto comercial, e molibdênio, na dose de 0,68 g de por parcela, ou seja, 75 g ha⁻¹. Utilizou-se para esta operação o pulverizador costal da marca Guarany, com capacidade de 16 L equipado com bico leque de indução a ar (KGF) modelo 110 02.

4.3 Análise estatística

A análise estatística do experimento foi realizada utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 12 repetições para cada um dos sistemas tecnificado e tradicional. Os dados das características foram submetidos à análise de variância de acordo com o modelo estatístico $Y_{ij} = \mu + T_i + \xi_{ij}$, em que Y_{ij} é o valor observado para i-ésimo tratamento e j-ésima repetição, μ é a média geral do experimento, T_i é o efeito particular do i-ésimo tratamento e ξ_{ij} é o erro experimental.

Realizaram-se estudos das médias usando-se níveis de 5% de significância, portanto, foram estimados os intervalos de confiança, desvio padrão e os coeficientes de variação experimental. Para comparar os sistemas, foi realizado o teste Tukey a 5% de probabilidade

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 Componentes primários de produção e produtividade

Na Tabela 1 encontram-se as estimativas e as significâncias dos quadrados médios, bem como as médias e coeficientes percentuais de variação experimental.

Tabela 1. Quadrados médios obtidos pela análise de variância do número de vagens por planta (NV), número de sementes por vagem (NSV), massa de mil sementes (M1000), produção (PROD), em função dos tratamentos

F.V.	G.L.	QM			
		NV	NSV	M1000	PROD
TRATAMENTOS	1	548,4313*	8,9261*	112,6666*	14401053,375*
RESÍDUO	22	3,7600	0,2629	11,6893	98388,117
TOTAL	23	27,4414	0,6396	16,0797	720243,128
MÉDIA GERAL		16,5606	5,3825	212,0833	2738,541
CV(%)		11,7090	9,5270	1,6120	11,453

* = significativo pelo teste F a 1%.

Pode-se verificar que houve efeito significativo de tratamento para todas as características analisadas, o que demonstra que há distinção de comportamento dos tratamentos.

Os resultados demonstraram favorecimento em todos os componentes primários da produção do feijoeiro no sistema tecnificado, apresentando maior valor para o número de vagens, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Média geral do número de vagens por planta (NV), número de sementes por vagem (NSV), massa de 1.000 sementes (M1000) e produtividade (PROD) em função dos sistemas tecnificado e tradicional

Sistemas	NV (un.)	NSV (un.)	P1000 (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
Tecnificado	21,34 a	5,99 a	214,21 a	3.513,00 a
Tradicional	11,78 b	4,77 b	209,99 b	1.963,00 b

As letras a e b diferem-se entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Verificou-se que o NV, NSV e M1000 foram favorecidos pelo sistema tecnificado. A produtividade no sistema tecnificado, 3.513 kg ha⁻¹, foi maior em relação ao sistema tradicional, 1.963 kg ha⁻¹, provavelmente pelo tipo de cultivo utilizado no sistema tradicional. Megda et al. (2008) obtiveram produtividade de feijão superior a 2.700 kg ha⁻¹, superando a produtividade média do Estado de São Paulo (EMBRAPA, 2007), o que atribuiu, muito provavelmente, à alta tecnologia empregada, como tratos culturais e irrigação.

De acordo com Coelho et al. (2002), o número de vagens por planta é componente primário que apresenta a maior correlação com a produção, embora os componentes primários NV, NSV e M1000 apresentem correlações baixas ou negativas entre si.

O sistema tradicional apresentou média de produtividade elevada, quando comparado com aquela dos produtores entrevistados, os quais relataram uma produtividade média de 1.900 kg ha⁻¹. Entretanto, o sistema tradicional foi muito inferior ao tecnificado, possivelmente devido à baixa disponibilidade hídrica, limitada a apenas 202,65 mm de lâmina de água em todo o ciclo da cultura. Segundo ARF et al. (2004), a necessidade de água do feijoeiro com ciclo de 60 a

120 dias varia entre 300 a 500 mm de lâmina de água para obtenção de alta produtividade, enquanto Azevedo e Caixeta (1986) verificaram que a produção de feijão irrigado é mais alta quando comparada à produção de feijão não irrigado, mesmo quando cultivado em período chuvoso.

O sistema tecnificado teve a utilização de um subsolador, com intuito de reduzir a compactação do solo, aumentando a aeração, oferecendo menor resistência mecânica as raízes e melhor drenagem. Muitos estudos relativos à compactação do solo concordam quanto à sua correlação negativa com a produtividade agrícola (MEGDA et al., 2008), uma vez que os principais efeitos negativos deste fato são o aumento da resistência mecânica ao crescimento radicular, a redução da aeração e a disponibilidade de água e de nutrientes, e, conseqüentemente, decréscimo na produtividade agrícola (MEGDA et al., 2008). Além disso, segundo Kertzmann (1996), ao diminuir a macroporosidade, parte significativa da água fica retida nos microporos sob altas tensões e, portanto, indisponível às plantas.

O sistema tecnificado, que recebeu adubação nitrogenada em cobertura com uréia, obteve ótimo rendimento, resultando em produtividade média de 3.513 kg ha⁻¹, apresentando pequena variação de produtividade na parcela, com limites de 3.150 a 3.900 kg ha⁻¹, conforme observado na Figura 3.

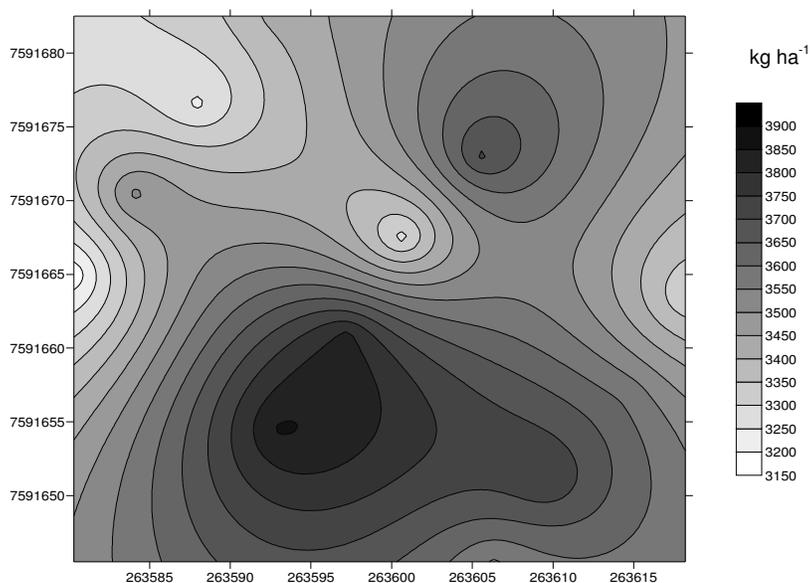


Figura 3. Mapa de produtividade de feijão (kg ha⁻¹) do sistema tecnificado nas coordenadas UTM da área, pelo método krigagem simples.

O sistema tradicional, que não recebeu adubação nitrogenada de cobertura, obteve produtividade média de 1.963 kg ha^{-1} , apresentando grande variação de produtividade na parcela, com limites de 1.550 a 2.650 kg ha^{-1} , conforme observado na Figura 4.

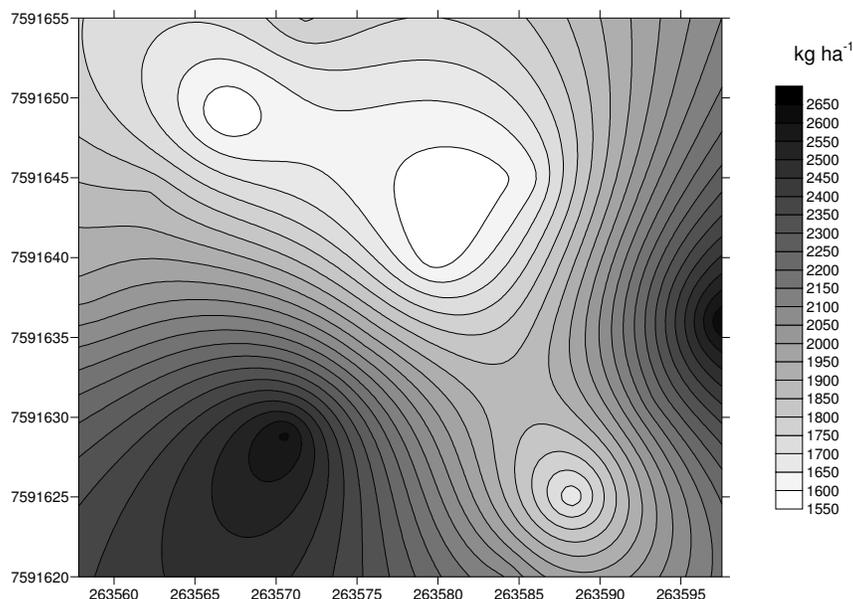


Figura 4. Mapa de produtividade de feijão (kg ha^{-1}) do sistema tradicional nas coordenadas UTM da área, pelo método krigagem simples.

Ambrosano et al. (1996) relatam que a adição de N proporcionou aumentos significativos na produção de grãos em quase todos os tratamentos, afirmando que a produção do feijoeiro irrigado pode ser aumentada pela adição de nitrogênio. Segundo Barbosa Filho et al. (2005b), o feijoeiro irrigado pode responder a doses de N em cobertura acima de 150 kg ha^{-1} e que é necessário parcelar a dose em duas ou três, obtendo um rendimento máximo de grãos, em termos médios de 3.100 kg ha^{-1} para a uréia fertilizante. Já FNP-Consultoria & Comércio (2007) afirma que a cultura de feijão tem potencial para obter rendimentos superiores a 3.500 kg ha^{-1} .

Além disso, segundo Gomes et al. (2000), a variedade Xodó tem um ciclo intermediário de 80 dias, cuja floração plena ocorre entre 36 e 39 dias após semeadura, com início de formação de vagens entre 40 e 44 dias após semeadura. A aplicação do adubo nitrogenado uréia foi feita com 35 dias após o plantio. Com isso, na floração, a cultura recebeu aplicação de 100 kg ha^{-1} de N, que, de acordo com Vieira et al. (2006), é quantidade satisfatória de nitrogênio

para alcançar alta produtividade, proporcionando aumento da atividade fotossintética, crescimento vegetativo vigoroso e folhas verde-escuras.

Os mapas de krigagem simples (Figuras 3 e 4) demonstram elevada produção e menor variabilidade na produtividade no sistema tecnificado quando comparada com o sistema tradicional, resultado esperado em áreas em que se aplicam técnicas de agricultura de precisão. Essa maior produtividade, provavelmente, resultou das práticas adotadas no sistema tecnificado, como a descompactação do solo, controle de plantas daninhas, aplicação de Mo, aplicação de N em cobertura e controle da lâmina de água através da irrigação.

A descompactação do solo favorece o aumento de sua porosidade e, provavelmente, em incremento de produção, fato também observado por Santos et al. (2006), que observaram, nas áreas de maior porosidade do solo, maior produtividade, e vice-versa. Em contrapartida, onde ocorreu diminuição substancial da porosidade do solo, Megda et al. (2008) observaram, por meio de krigagem simples, maior produção de grãos de feijão, alcançando produção média de 3.135 kg ha⁻¹. Estudos mostraram que solos excessivamente porosos são prejudiciais à absorção de água e nutrientes pelas raízes, por causa do menor contato raiz-solo, proporcionando também menor desenvolvimento das plantas, como observado por Dias Junior e Pierce (1996). A redução do encharcamento do perfil do solo em situações de chuvas intensas, provocado pela ruptura de camadas compactadas com o uso do subsolador, também pode favorecer o desenvolvimento do feijão, uma vez que a cultura é bastante sensível ao excesso de água.

O controle de plantas daninhas foi bem eficiente em ambos os sistemas, sendo no tradicional realizado capina, que de acordo com Deuber (2006), capinas com enxadas, ainda que com baixo rendimento, não devem ser menosprezadas. A primeira capina deve ser realizada até os 20 dias após a emergência da cultura e repetir, se necessário, dentro de 15 a 20 dias. Assim, mantém-se a lavoura sem a interferência das plantas daninhas no período crítico. As capinas devem ser feitas bem superficialmente, com muito cuidado para não ferir as plantas da cultura, escolhendo-se os dias secos para essa tarefa, a fim de evitar a rebrota das plantas capinadas, procedimento adotado no presente trabalho.

Já no sistema tecnificado, realizou-se aplicação de herbicida Robust[®] para o controle de plantas daninhas, verificando-se alta eficiência, contudo, o Robust[®]

não é recomendado para controle de *Cyperus rotundus* (tiririca), conforme demonstrado por Machado et al. (2006), mas propicia um retardamento momentâneo no crescimento desta invasora, ajudando a cultura a realizar o sombreamento do solo. De acordo com Deuber (2006), após os 40 dias a lavoura tende a fechar cobrindo a superfície do solo, reduzindo ou evitando a emergência de novas espécies.

Assim, o controle de plantas daninhas do sistema tecnificado teve a aplicação do micronutriente molibdênio no mesmo recipiente, reduzindo números de aplicações e custos, procedimento adotado por Coelho et al. (1999), onde o autor verificou efeito positivo, com um acréscimo de 17% na produtividade média do feijoeiro.

De acordo com Rosolem (1984), as plantas têm capacidade de absorver nutrientes pelas folhas e, por essa razão, as adubações foliares de um ou mais nutrientes são viáveis. Essa prática pode ser aliada aos tratamentos fitossanitários da cultura do feijoeiro tornando-a muito mais econômica e viável. Este procedimento foi adotado por Vasconcelos Junior (2007), constatando que a produtividade do feijoeiro foi favorecida pelo controle químico de plantas daninhas e pela aplicação do molibdênio via foliar, aplicados no mesmo recipiente. O autor observou que a produtividade com adubação com molibdênio superou em quase o dobro em comparação à sem adubação, indicando que o molibdênio favoreceu a produtividade da cultura.

Segundo Pessoa (1998), a aplicação foliar de molibdênio foi responsável pelo aumento e pela manutenção da atividade da nitrogenase e da redutase do nitrato em valores altos, por maior período de tempo durante o ciclo de feijoeiro, comparando-se às plantas que não receberam molibdênio, influenciando, concomitantemente, nos processos fotossintético e respiratório das plantas, contribuindo, desse modo, para o aumento da produtividade (TAIZ e ZEIGER, 1998 apud PIRES et al., 2005). Essa afirmativa foi verificada pelo aumento da concentração de molibdênio e nitrogênio nas folhas do feijoeiro, evidenciando que as plantas de feijoeiro satisfatoriamente nutridas com molibdênio, possivelmente, tiveram incrementos na utilização do nitrogênio, por melhorar a fixação biológica e utilizar mais eficientemente o nitrogênio mineral absorvido do solo.

5.2 Análise de custos

Os gastos com os coeficientes de operações para os sistemas tradicional e tecnificado corresponderam a 24,35 e 24,18% do custo total de produção de cada sistema, respectivamente, enquanto que, para o coeficiente pós-colheita, representou 3,12 e 2,77%, respectivamente, sendo bem similares os valores observados. No sistema de produção tecnificado, onde se aplicou a irrigação por aspersão, as doenças foliares não proliferaram, reduzindo expressivamente o custo do manejo fitossanitário, também observado por Soares et al. (2005).

O custo total de produção mais elevado foi do sistema tecnificado, de R\$ 3.070,74 por hectare, enquanto o custo total de produção do sistema tradicional foi de R\$ 1.796,40 por hectare (Tabela 3), representando um custo de R\$ 0,87 e R\$ 0,91 por quilograma, respectivamente. Esse menor custo por massa do feijoeiro apresentado pelo sistema tecnificado foi devido à sua alta produtividade.

O lucro apresentado pelo sistema tecnificado foi de R\$ 4.658,23 por hectare, superando o lucro do sistema tradicional em R\$ 2.134,01, já que o lucro do sistema tradicional foi de R\$ 2.524,22 por hectare.

Tabela 3. Análise de custos em comparação de dois sistemas de cultivo do feijoeiro, um tradicional e outro tecnificado em kg ha⁻¹

DESCRIÇÃO	TRADICIONAL		TECNIFICADO	
	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)
A) OPERAÇÕES	437,40	24,35	742,40	24,18
Aração	66,00		66,00	
Gradagem leve	46,20		46,20	
Subsolagem			75,00	
Semeio mecânico	85,20		85,20	
Capina	120,00			
Pulverização			50,00	
Irrigação/equipamentos/energia			300,00	
Colheita	120,00		120,00	
B) INSUMOS	1.118,00	62,24	1.805,34	58,79
Adubo de plantio	998,00		998,00	
Micronutriente			202,70	
Adubo nitrogenado			359,64	
Sementes	120,00		120,00	
Herbicida			125,00	
C) ADMINISTRAÇÃO	185,00	10,30	438,00	14,26
Rec. Humanos e Assist. Técnica	85,00		170,00	
Luz e Telefone	20,00		28,00	
Conservação e Depreciação	10,00		160,00	
Impostos e Taxas	70,00		80,00	
D) PÓS COLHEITA	56,00	3,12	85,00	2,77
Transporte e Armazenagem	36,00		50,00	
Pesagem, Secagem e Pre-limpeza	20,00		35,00	
Custo Total (R\$ kg ⁻¹)	1.796,40	100,00	3.070,74	100,00
Custo por kg	0,91		0,87	
Custo por saca de 60 kg	54,88		52,20	
Produtividade média (kg)	1.963,92		3.513,17	
Preço médio (R\$ kg ⁻¹)	2,20		2,20	
Preço médio (R\$ saca ⁻¹)	132,00		132,00	
Receita por ha	4.320,62		7.728,97	
Lucro por ha	2.524,22		4.658,23	
Lucro por saca	77,12		79,80	

(R\$) = Real moeda brasileira

6. RESUMOS E CONCLUSÕES

A utilização de técnicas de agricultura de precisão favoreceu os componentes primários de produção do feijoeiro, entre eles, o número de vagens por plantas, número de sementes por vagem e massa de 1.000 sementes.

O sistema tecnificado apresentou vantagem em relação ao tradicional na comparação da produtividade média, atingindo 3.513 kg ha^{-1} , enquanto o sistema tradicional atingiu 1.963 kg ha^{-1} .

Observou-se maior produtividade e menor variação da produtividade na parcela onde se adotou técnicas de agricultura de precisão, quando comparado ao sistema onde não se adotou técnicas avançadas de cultivo.

A análise dos custos indicou que o sistema tecnificado superou o lucro em 45,8%, comparado com sistema tradicional.

Justifica-se, desta forma, a aplicação de técnicas de agricultura de precisão no sistema produtivo de feijão, com a finalidade de o produtor rural obter maior lucro em sua atividade agrícola.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMANE, M. I. V., VIEIRA, C., CARDOSO, A. A., ARAÚJO, G. A. de A. (1994) Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L) às adubações nitrogenadas e molíbdica. *Revista Ceres*, v.41,p.202-216.
- AMBROSANO, E. J., WUTKE, E. B., AMBROSAMO, G. M. B., BULISANI, E. A., BORTOLETTO, N.; MARTINS, A. L. M., PEREIRA, J. C. V. N. A., de SORDI G. (1996) Efeito do Nitrogênio no Cultivo de Feijão Irrigado no Inverno, *Sci. agric.* vol. 53 n. 2-3 Piracicaba.
- ANDRADE, C. L. T., BRITO R. A. L. (2008) Embrapa - Irrigação - Cultivo do Milho; Sistemas de Produção 2 Versão Eletrônica - 4^a edição. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/irrigacao.htm>> Acesso em 10/07/09.
- ARAÚJO, G. A. A., SILVA, A. A., THOMAS, A., ROCHA, P. R. R. (2008) Misturas de herbicidas com adubo molíbdico na cultura do feijão, *Planta daninha*, 26(1): 237-247, TAB. Mar.

- ARF, O., RODRIGUES, R. A. F., SA, M. E., BUZETTI, S., NASCIMENTO, V. (2004) Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão, *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39, n.2, p.131-138.
- AZEVEDO, J. A de., CAIXETA, T. J. (1986) Irrigação do feijoeiro. Planaltina: Embrapa, CPAC. 60p. (EMBRAPA, CPAC. Circular Técnica, 20).
- BARBOSA FILHO, M. P., COBUCCI, T., MENDES, P. N. (2005 a) Adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro comum irrigado sob plantio direto – Circular técnica 70. Santo Antônio de Goiás, GO.
- BARBOSA FILHO, M. P., FAGERIA N. K., SILVA O. F. (2005 b) Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, v. 29, n. 1, p. 69-76, jan./fev.
- BAUER, F. C., RAETANO, C. G. (2004) Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. *Planta Daninha*, v. 22, n. 2, p. 275-284.
- BRAGA, J. M., DEFELIPO, B. V., VIEIRA, C, FONTES, L. A. N. (1973) Vinte ensaios de adubação N-P-K da cultura do feijão na Zona da Mata – MG. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 20, n. 111, p. 370–380.
- BRANDÃO, M., PALUMA, E., KEIN, V. L. G., MAUTONE, L., GUIMARÃES, E. F., PEREIRA, R. C., MIGUEL J. R. (1995) Plantas daninhas do Estado do Rio de Janeiro: Acréscimo aos trabalhos já efetuados no Estado. *Planta Daninha*, v.13, n.2, p.98-116.
- CÂMARA, G., MEDEIROS, J. S. (1998) Princípios básicos em geoprocessamento. In: *Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura*. Embrapa, 2. ed., p. 6.
- CARDENAS, J., REYES, C. E., DOLL, J. D. (1972) Malezas tropicales. Bogotá, Colombia: *Instituto Colombiano Agropecuario*, v.1: p.341.

- CARVALHO, N. M., NAKAGAWA, J. (2000) *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 588p.
- CASTRO, O. M., VIEIRA, S. R., MARIA, I. C. (1987) Sistema de preparo do solo e disponibilidade de água. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. *Anais*. Campinas: Fundação Cargill, p.27-51.
- CIAGRI – USP. (2003) Como o GPS funciona. Disponível em: <<http://gps.ciagri.usp.br/sobre.htm>>. Acesso em: 18/06/08.
- COBUCCI, T. (1996) *Avaliação agronômica dos herbicidas fomesafen e bentazon e efeito de seus resíduos no ambiente, no sistema irrigado feijão-milho*. 106p. Tese (Doutorado). UFV, Viçosa, MG.
- COBUCCI, T., FERREIRA, F. A., SILVA, A. A. (1996) Controle de plantas daninhas. In: Araujo, R. S., Rava, C. A., Stone, L. F., ZIMMERMANN, M. J. O. (coords.). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: POTAFOS. p.433-464.
- COBUCCI, T., KLUTHCOUSKI, J. (2000) Manejo de plantas daninhas. In: VIEIRA, E. H. N., RAVA C. A. (Ed.). *Sementes de feijão: produção e tecnologia*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. p.113-145.
- COELHO, A. D. F., AMÉRICO, C. A., DAMIÃO, C. C., ARAÚJO, G. A. A., FURTADO, M. R., AMARAL, C. L. F., (2002). Herdabilidades e Correlações da Produção do Feijão e dos seus Componentes Primários, nas Épocas de Cultivo da Primavera-Verão e do Verão-Outono. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.32, n.2, p.211-216.
- COELHO, F. C., FREITAS, S. P., DORNELLES, M. S., BRESSAN-SMITH, R. E., MONNERAT, P. H. (1999) Efeitos da adubação nitrogenada, em cobertura, da aplicação de molibdênio, por via folicular, e do manejo de plantas daninhas na cultura do feijão, na Região de Campos dos Goytacazes-RJ. *Anais da VI Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão*. Salvador, p.656-659.

- CONAB, (2009) Acompanhamento da safra Brasileira de grãos 2008/2009 – Quinto Levantamento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/5graos_08.09.pdf> Acesso em 10/06/09.
- COSTA, R. C. L. (1986) Efeito de níveis de água e de doses de nitrogênio sobre o crescimento, morfologia, partição de assimilados e troca de Co em *Phaseolus vulgaris* L. Dissertação (Mestrado). Viçosa: UFV. 90 p.
- CRUZ, L. S. P. & GRASSI, N. Controle de Plantas Daninhas com Herbicidas na Cultura do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (1981) Planta Daninha, v.4, n.2, p. 73-77.
- DAVIS, G., CASADY, W., MASSEY, R. Precision Agriculture: An Introduction. Missouri: University of Missouri, 1998, 7 p.
- DEUBER, R. Manejo de plantas daninhas e infestantes. (2006) In: Castro, J. L., Ito, M. F. (coord.) Dia de campo de Feijão (21:2005: Capão Bonito, SP) Anais dia de campo de feijão. Campinas: Instituto Agrônômico, 137p. (Documentos, IAC, n 76).
- DIAS JÚNIOR, M. S. & PIERCE, F. J., (1996) O processo de compactação do solo e sua modelagem. R. Bras. Ci. Solo, 20:175-182.
- DOURADO NETO, D., ITO, M. A. (2006) Panorama atual da cultura do feijão. In: Castro, J. L., Ito, M. F. (coord.) Dia de campo de Feijão (21:2005: Capão Bonito, SP) *Anais dia de campo de feijão*. Campinas: Instituto Agrônômico, 137p. (Documentos, IAC, n 76).
- EMBRAPA. (2006) Agência de informação – Feijão. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/agencia4/AG01/Abertura.html>>. Acesso em: 03/05/06.
- EMBRAPA. (2007) EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br>. Acesso em: 15/04/07.

FERREIRA, F. A., SILVA, A. A., COBUCCI, T., FERREIRA, L. R., JAKELAITIS, A., (2006) Manejo de plantas daninhas. In: VIEIRA, C., PAULA Jr., T. J., BORÉM, A. , (2006) Feijão. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 309-340.

FIGUERÊDO, S. F. (1998) Estabelecimento do momento de irrigação com base na tensão da água no solo para a cultura do feijoeiro. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FIGUEIREDO, M. G., PITELLI, M. M., FRIZZONE, J. A., DETOMINI, E. R. (2006) Escolha da lâmina ótima de irrigação para feijão, de acordo com o nível de aversão ao risco por parte do produtor. XLIV Congresso Da Sober- Piracicaba – SP.

FISHER, H. H. (1973) Conceito de erva daninha. In: WARREN, G. F., WILLIAM, R. D., FISHER, H. H., SACCO, J. C., LAMAR, R. V., ALBERTO, C. A. Curso Intensivo de Controle de Ervas Daninhas, Universidade Federal de Viçosa, b: p.11-15.

FNP-CONSULTORIA & COMERCIO, (2007). Anuário da Agricultura Brasileira – AGRIANUAL, Feijão. São Paulo.

FONTES, J. R. A. (2006) Desafios ao manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*) nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/pl1/index.htm>. Acesso em: 08/12/ 06.

FONTES, J. R. A., SILVA, A. A., VIEIRA, R. F., RAMOS, M. M. (2006) Metolachlor e fomesafen aplicados via irrigação por aspersão em plantio direto e convencional. *Planta Daninha*, v. 24, n. 1, p. 99-106.

FRIZZONE, J. A. (1993) Funções de resposta das culturas à irrigação. Piracicaba : ESALQ, 42 p. (Ler. Série Didática, 6).

- FRIZZONE, J. A. (2004) Otimização do uso da água na agricultura irrigada: perspectivas e desafios. *Engenharia Rural*, v.15, único, p.37-56.
- GOMES, A. A., ARAÚJO, A. P., ROSSIELLO, R. O. P., PIMENTEL, C. (2000), Acumulação de Biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n. 10, p. 1927-1937.
- HESS, F.D. (1995) *Herbicide Action Vol. I*. Purdue University West Lafayette, Indiana. p.150-155.
- JAKELAITIS, A., FERREIRA, L. R., SILVA, A. A. , AGNES, E. L. , MIRANDA, G. V ., MACHADO, A. F. L., (2003) Dinâmica populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo nas culturas de milho e feijão, *Planta daninha* vol.21 no.1 Viçosa.
- KERTZMANN, F.F., (1996) Modificações na estrutura e no comportamento de um Latossolo Roxo provocados pela compactação. Tese de Doutorado - São Paulo, Universidade de São Paulo, 153p.
- KOSLOWSKI, L. A., RONZELLI JÚNIOR, P., PURISSIMO, C., DAROS, E., KOEHLER, H.S. (2002) Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum em sistema de semeadura direta. *Planta daninha*, v.20, n. 2, p. 213-220.
- KURIHARA, C. H., FABRÍCIO, A. C., PITOL, C., STAUT, L. A., KICHEL, A. N., MACEDO, M. C. M., ZIMMER, A. H., WIETHOLTER, S. Adubação. In: SALTON, J. C., HERNANI, L. C., FONTES, C. Z. (Org.). (1998) *Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília: Embrapa-SPI, p. 135-144.
- LOPEZ, M. E, CARBONELL, B. A, BURLO, C. F., ARENAS, P. M., ALEMANY, G. M., MATAIX, B. J.(1996) Molybdenum uptake, distribution and accumulation in bean plants. *Fresenius environmental bulletin*. V.5(1-2), p.73-78.

- MACHADO, A. F. L., CAMARGO, A. P. M., FERREIRA, L. R., SEDYAMA, T., FERREIRA, F. A., VIANA, R. G. (2006). Misturas de herbicidas no manejo de plantas daninhas na cultura do feijão. *Planta Daninha*, v. 24, n. 1, p. 107-140.
- MALAVOLTA, E. (1980) Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: *Agronômica Geres*, 672 p.
- MALAVOLTA, E. (1981) *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres, 596 p.
- MANZATTO, C. V., BHERING, S. B., SIMÕES, M. (2008) Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos. EMBRAPA Solos, Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/proj01/proj01.html>>. Acesso em: 08/06/08.
- MARSCHNER, H. (1995) Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd. Ed. Academic Press. London. 675p.
- MARCOLAN A. L. (2007) Artigo: Modo de adubação e absorção de fósforo pelas plantas - Disponível em: <<http://www.clicnews.com.br/artigos/view.htm?id=69227>>. Acesso em: 20/07/08.
- MAURER, A. P., ORMROD, D. P., SCOTT, N. J. (1969) Effect of five soil water regimes on growth and composition of snap beans. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v. 49, n. 3, p. 271-278.
- MEGDA, M. M., CARVALHO, M. P., VIEIRA, M. X., ANDREOTTI, M., PEREIRA, E. C., (2008) Correlação linear e espacial entre a produtividade de feijão e a porosidade de um latossolo vermelho de selvíria (MS), R. Bras. Ci. Solo, 32:781-788.
- MIRANDA, N. O., BELMAR, N. C. (1977) Déficit hídrico y frecuencia de riego en fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultura Técnica*, Santiago, v. 37, n. 3, p. 111-117.

- MORGAN, M., ESS, D. The precision-farming guide for agriculturists. 2nd Ed. Moline: John Deere Publishing, 2003. 117 p.
- MUZILLI, O. (1983) Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 7, n. 1, p. 95-102.
- OLIVEIRA, A. R., FREITAS, S. P. (2008) Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar *Planta daninha* vol.26 no.1 Viçosa.
- PARKER, M. B., HARRIS, H. B. (1962) Soybean response to molybdenum and lime and the relationship between yield and chemical composition. *Agronomy Journal*, 54{6}, p.480-483.
- PFOST, D., CASADY, W., SHANNON, K. Precision Agriculture: Global Positioning System (GPS). Missouri: Lincoln University of Missouri, 1998. 6 p.
- PEDROSO, P. A. C., CORSINI, P. C. (1983) Manejo físico do solo. In: Ferreira, M. E., Yamada, T., Malavolta, E. (Ed.). *Cultura do arroz de sequeiro: fatores afetando a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, p.225-238.
- PERECIN, D., PERESSIN, V. A., MATUO, T., BARBOSA, J. C., PIO, L. C., BRAZ, B. A. (1994) Padrões de distribuição obtidos com bicos TwinJet, em função da altura e do espaçamento entre bicos. *Engenharia Agrícola*, Campinas, v.14, p.19-30.
- PEREIRA, W. (1989) Manejo de plantas daninhas em hortaliças. Embrapa – CNPH. Circular Técnica do Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. n 04, 2ª impressão, Brasília, DF.
- PESAGRO-RIO (1985). Novas cultivares de feijão para o Estado do Rio de Janeiro – Folder.

- PESSOA, A. C. dos S. (1998) Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PIRES, A. A., ARAÚJO, G. A. A., LEITE, T., ZAMPIROLI, P. D., RIBEIRO, J. M. O., MEIRELES, R. C., (2005) Parcelamento e época de aplicação foliar do molibdênio na composição mineral das folhas do feijoeiro. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 27, no. 1, p. 25-31.
- ROSOLEM, C. A. (1984) Adubação foliar. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1, Brasília, Anais. Brasília: EMBRAPA, 1984. p.419-449.
- SÁ, M. E. (1994) Importância da adubação na qualidade de semente. In: SÁ, M. E., BUZZETI, S. (Ed.). Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Ícone, p.65-98.
- SANTOS, M. L., CARVALHO, M. P., RAPASSI, R. M. A., MURAISHI, C. T., MALLER, A., MATOS, F. A. (2006) Correlação linear e espacial entre produtividade de milho (*Zea mays* L.) e atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico sob plantio direto do Cerrado Brasileiro. *Acta Sci.*, 28:313-321.
- SEAGRI. (2008) Cultura do Feijão. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/Feijao.htm>> Acesso em: 25/07/08.
- SILVA, A. A., SILVA, C. S. W., SOUZA, C. M., SOUZA, B. A., FAGUNDES, J. L., FALLEIRO, R. M. E SEDIYAMA, C. S. (2005) Aspectos fitossociológicos da comunidade de plantas daninhas na cultura do feijão sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Planta Daninha*, v.23, n.1, p. 25-37.
- SILVEIRA, P. M., STONE, L. F., RIOS, G. P., COBUCCI, T., AMARAL, A. M. (1996) A irrigação e a cultura do feijoeiro. Goiânia : Embrapa-CNPAP, 51 p. (Embrapa-CNPAP. Documentos, 63).

- SIQUEIRA, C., VELLOSO, A. C. (1978) Adsorção de molibdatos em solos sob vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 2, p.24-28.
- SYNGENTA (2007) Extraprática, Disponível em: < https://www.extrapratica.com.br/BR_Docs/Portuguese/Instructions/61.pdf> Acesso em: 29/06/09.
- SOARES, D. M., THUNG, M., AIDAR, H., KLUTHCOUSKI, J., (2005) Estimativa de custo de produção de feijão: coeficientes técnicos, custos, rendimentos e rentabilidade. *Agriannual: anuário da agricultura brasileira*. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativo, 521p.
- TEIXEIRA, I. R. (2000) Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 24, n. 2, p. 399-408, abr./jun.
- THOMAS, R. J., FELLER, U., ERISMANN, K. H. (1980) Ureide Metabolism in Non-nodulated *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Experimental Botany*. V.31,p. 409-419.
- VASCONCELOS JUNIOR, J. F. S. (2007) Efeito da Aplicação de Molibdênio e Herbicida na Cultura do Feijoeiro – Monografia, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil.
- VICTORIA FILHO, R., GODOY JUNIOR, C. (1978) Herbicidas na Cultura do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): Controle, Fitotoxicidade e Persistência no Solo. *Planta Daninha*, v.1, n.1, p. 25-37.
- VIEIRA, C. (1985) *O feijão em cultivos consorciados*. Viçosa, UFV. 134 p.
- VIEIRA, C., NOGUEIRA, A. O., ARAÚJO, G. A DE A (1992) Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura do feijão. *Revista de Agricultura*, v.67, n.2, p.117-124.
- VIEIRA, C., PAULA JUNIOR T. J. , BÓREM A. (1998) Feijão: Aspectos gerais e cultura no estado de Minas Gerais. Viçosa: Ed universidade Federal de Viçosa, 596p.

- VIEIRA, C., PAULA JUNIOR T. J. , BÓREM A. (2006) Feijão 2ª edição atualizada e ampliada. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 600p.
- VITTI, G. L., FORNASIER, O, PEDROSO, P.A C., CASTRO, R. S. A. A. (1984) Fertilizante com molibdênio e cobalto na cultura da soja. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 8, p.349-35.
- WEISS, A., KERR, E. D., STEADMAN, J. R. (1980) Temperature and moisture influences on development of white mold disease (*Sclerotinia sclerotiorum*) on great northern beans. Plant Disease, St. Paul, v. 64, n. 8. p. 757-759.
- YOKOYAMA, L. P, STONE, L. F. (2000) Aspectos conjunturais da cultura. In: Yokoyama, L. P., Stone, L. F. (eds.). Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção. Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão. 75p.
- ZIMMERMANN, M. J. O., ROCHA, M., YAMADA, T. (1988) Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 589 p.