

**CRESCIMENTO E MARCHA DE ABSORÇÃO
DE NUTRIENTES NO FEIJOEIRO cvs. BRS-MG
TALISMÃ E OURO NEGRO, EM PLANTIO
DIRETO E CONVENCIONAL**

NEIVA MARIA BATISTA VIEIRA

2006

NEIVA MARIA BATISTA VIEIRA

**CRESCIMENTO E MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES NO
FEIJOEIRO cvs. BRS-MG TALISMÃ E OURO NEGRO, EM PLANTIO
DIRETO E CONVENCIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Messias José Bastos de Andrade

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Vieira, Neiva Maria Batista

Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs. BRS-MG talismã e ouro negro, em plantio direto e convencional / Neiva Maria Batista Vieira. -- Lavras : UFLA, 2006.

145 p. : il.

Orientadora: Messias José Bastos de Andrade.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Micronutriente. 2. Macronutriente. 3. Nutrição mineral. 4. Sistema de plantio. 5. Exportação de nutriente. 6. *Phaseolus vulgaris*. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.652891

NEIVA MARIA BATISTA VIEIRA

**CRESCIMENTO E MARCHA DE ABSORÇÃO DE
NUTRIENTES NO FEIJOEIRO cvs. BRS-MG
TALISMÃ E OURO NEGRO, EM PLANTIO DIRETO
E CONVENCIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 3 de março de 2006

Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho	UFLA
Pesquisadora Dra. Miralda Bueno de Paula	Epamig
Prof.Dr. Geraldo Antônio de Andrade Araújo	UFV

Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

*A Deus e aos meus pais, Valter Batista Vieira (in memoriam) e Maria Assis
Vieira,*

OFEREÇO

Ao meu irmão e dindinho, Waldônio Dehon.

À minha cunhada, Cecília.

À minha dindinha, Fátima.

Aos meus sobrinhos, Marcus Vinícius, André, Lucas e Lourenço.

Ao meu orientador, Prof. Messias José Bastos de Andrade.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, irmãos, sobrinhos e familiares, em especial a minha mãe, por todo amor, dedicação e incentivo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Agricultura, Setor de Grandes Culturas, pela oportunidade e pelo apoio durante o período de realização dos trabalhos.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof. Messias José Bastos de Andrade, por todo apoio, amizade e conhecimentos que contribuíram em grande parte para minha formação profissional e, sobretudo, pelo exemplo de vida demonstrado durante estes anos de convivência.

Aos meus co-orientadores, Profa. Janice Guedes de Carvalho e Prof. Augusto Ramalho de Moraes, pelo apoio durante o planejamento e condução do projeto de pesquisa.

Aos membros da banca examinadora: Miralda Bueno de Paula e Geraldo Antônio de Andrade Araújo, pela disponibilidade na avaliação deste trabalho.

Ao amigo Marcelo Araújo, proprietário da Fazenda Ouro Fino, pela concessão de sua propriedade para instalação dos ensaios de campo.

Aos meus amigos feijoeiros Vanessa, Abner, Bruno, Leandro, José Aurélio e em especial ao meu grande irmãozinho de caminhada Jainir, pelo apoio, carinho e dedicação durante a condução dos experimentos.

Aos funcionários técnico-administrativos do Setor de Grandes Culturas: João Pila, Alessandro, Júlio, "Seu" Correia, Agnaldo e Manguinha, por todo apoio, auxílio e simpatia sempre constante.

Aos funcionários do Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Ciência do Solo, em especial ao João Gualberto, pelo apoio na realização das análises do material vegetal.

Aos colegas de graduação Cíntia, Tatiana, Fernanda Pereira, Marcela e Fernanda Nery, Cristiane, Juliana, Pefa, Gustavo, Gutinho, Leandra e Ênio, pela amizade.

Aos colegas que se tornaram amigos: Carla, Tales, Alba, Leydiane, Carol, Josinaldo, Marcelinho e Cícero, pela convivência e apoio tão valiosos.

Às coleguinhas de república Denise, Néia, Lillian e Andréa, pela convivência e pela família que pudemos formar.

Aos meus amigos Iguatamenses, em especial à minha grande amiga Iracimary, pelo apoio e carinho.

Aos funcionários da Biblioteca da UFLA, por todo o auxílio prestado na busca de referências bibliográficas.

A todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a conclusão de mais uma etapa de minha vida e que, embora não citados aqui, não deixam de merecer meu profundo agradecimento.

BIOGRAFIA

NEIVA MARIA BATISTA VIEIRA, filha de Valter Batista Vieira e Maria Assis Vieira, nasceu em 2 de abril de 1979, em Iguatama, MG, onde viveu toda sua infância e juventude. Estudou na Escola Estadual "Paula Carvalho", localizada nesta mesma cidade, até sua formação nos cursos de Auxiliar de Laboratório e Análises Químicas e Ensino Normal, em 1996. Em 1998, mudou-se para Divinópolis, onde fez cursinho pré vestibular. Em março de 1999, iniciou o curso de graduação em Engenharia Agrônômica, na Universidade Federal de Lavras, concluindo-o em dezembro de 2003. Durante este período, foi bolsista de iniciação científica do CNPq no Departamento de Agricultura, onde desenvolveu projetos de pesquisa no Setor de Grandes Culturas, sob a orientação do Prof. Messias José Bastos de Andrade. Em março de 2004, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia/Fitotecnia na UFLA, concluindo-o em fevereiro de 2006.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO I.....	01
1 Introdução Geral.....	01
2 Referencial Teórico.....	03
2.1 Análise de crescimento vegetal.....	03
2.2 Interação ambiente x crescimento vegetal.....	04
2.3 Crescimento em altura.....	05
2.4 Acúmulo de matéria seca.....	07
2.5 Acúmulo de nutrientes.....	11
2.5.1 Macronutrientes.....	13
2.5.2 Micronutrientes.....	17
3 Referências Bibliográficas.....	20
CAPÍTULO II: Altura de planta e acúmulo de matéria seca no feijoeiro cvs.	
BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional.....	27
1 Resumo	27
2 Abstract.....	29
3 Introdução.....	30
4 Material e Métodos.....	34
4.1 Clima e solo.....	34
4.2 Cultivares utilizadas.....	35
4.3 Delineamento estatístico, tratamentos e características avaliadas.....	39
4.4 Detalhes da implantação e condução do experimento.....	39
4.5 Procedimentos estatísticos.....	41
5 Resultados e Discussão.....	42
5.1 Altura de planta.....	42
5.2 Curvas de crescimento em altura.....	43
5.3 Acúmulo de matéria seca da parte aérea total.....	47
5.4 Curvas de acúmulo de matéria seca.....	48
5.4.1 Cv. Ouro Negro em plantio direto.....	48
5.4.2 Cv. BRS-MG Talismã em plantio direto.....	49
5.4.3 Cv. Ouro Negro em plantio convencional.....	50
5.4.4 Cv. BRS-MG Talismã em plantio convencional.....	50
6 Conclusões.....	55
7 Referências Bibliográficas.....	56

CAPÍTULO III: Marcha de absorção, extração e exportação de macronutrientes no feijoeiro cvs. Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional..... 59

1 Resumo	59
2 Abstract.....	61
3 Introdução.....	63
4 Material e Métodos.....	67
4.1 Clima e solo.....	67
4.2 Cultivares utilizadas.....	68
4.3 Delineamento estatístico, tratamentos e características avaliadas.....	72
4.4 Detalhes da implantação e condução do experimento.....	73
4.5 Procedimentos estatísticos.....	74
5 Resultados e Discussão.....	75
5.1 Teores foliares de macronutrientes.....	75
5.2 Acúmulo de macronutrientes.....	77
5.3 Marcha de absorção de macronutrientes.....	81
5.3.1 Nitrogênio.....	82
5.3.2 Fósforo.....	85
5.3.3 Potássio.....	86
5.3.4 Cálcio.....	87
5.3.5 Magnésio.....	88
5.3.6 Enxofre.....	88
5.4 Exportação de macronutrientes.....	97
6 Conclusões.....	99
7 Referências Bibliográficas.....	100

CAPÍTULO IV: Marcha de absorção, extração e exportação de micronutrientes no feijoeiro cvs. Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional..... 104

1 Resumo	104
2 Abstract.....	106
3 Introdução.....	108
4 Material e Métodos.....	111
4.1 Clima e solo.....	111
4.2 Cultivares utilizadas.....	112
4.3 Delineamento estatístico, tratamentos e características avaliadas.....	116
4.4 Detalhes da implantação e condução do experimento.....	117
4.5 Procedimentos estatísticos.....	118

5 Resultados e Discussão.....	119
5.1 Teores foliares de micronutrientes.....	119
5.2 Acúmulo de micronutrientes.....	121
5.3 Marcha de absorção de micronutrientes.....	124
5.3.1 Boro.....	126
5.3.2 Cobre.....	127
5.3.3 Ferro.....	127
5.3.4 Manganês.....	128
5.3.5 Zinco.....	128
5.4 Exportação de micronutrientes.....	140
6 Conclusões.....	142
7 Referências Bibliográficas.....	143

RESUMO

VIEIRA, Neiva Maria Batista. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs. BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional.** 2006. 145 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Com o objetivo de estudar a curva de crescimento em altura e acúmulo de matéria seca, além do teor, acúmulo, marcha de absorção e exportação de nutrientes ao longo do ciclo cultural do feijoeiro, foram conduzidos quatro experimentos de campo, com as cvs. Ouro Negro e Talismã, em plantio direto e convencional. Um experimento foi conduzido em Lavras (inverno-primavera 2002) e os outros três em Madre de Deus de Minas (seca 2005). O delineamento experimental foi blocos casualizados com três repetições e 11 ou 12 tratamentos ou épocas de coleta. De 7 em 7 dias, foram amostradas 10 ou 20 plantas para determinação da altura e outras 20 plantas para a determinação do peso da matéria seca e dos nutrientes nela contidos. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, com ajuste de curvas representativas do comportamento das características avaliadas. Os efeitos das cultivares e dos sistemas de plantio sobre a altura final das plantas e sobre o acúmulo máximo da matéria seca não foram consistentes e se mostraram mascarados pela fertilidade dos solos em questão. As curvas de crescimento em altura mostraram que, em plantio direto, a altura máxima foi alcançada aos 50 DAE, enquanto que no plantio convencional o feijoeiro continuou crescendo até os 72 e 73 DAE, ocorrendo fechamento mais tardio da lavoura. As cvs. Ouro Negro e Talismã mostraram padrões de acúmulo de matéria seca muito próximos, com pouco incremento até os 21 a 24 dias após emergência. O máximo acúmulo ocorreu entre 75 e 76 DAE, na cv. Ouro Negro e 80 e 81 DAE, na a cv. Talismã, alcançando maiores acúmulos em plantio direto. As maiores taxas de acúmulo de matéria seca foram verificados entre 45 a 48 DAE, com exceção da cv. Ouro Negro, em plantio convencional, ensaio que também apresentou menor taxa de acúmulo em relação aos demais. Os teores foliares médios de macronutrientes e as suas quantidades extraídas situaram-se nas faixas consideradas normais, exceto no caso do S, que situou-se bem abaixo. A ordem decrescente de extração foi $N > K > Ca > Mg > P > S$, enquanto a de exportação foi $N > K > Ca > P > Mg > S$. As extrações de N, P, K e Mg foram superiores no plantio direto, sistema em que o feijoeiro apresentou também maiores exportações de N, P, K e

*Comitê Orientador: Messias José Bastos de Andrade – UFLA (Orientador), Janice Guedes de Carvalho – UFLA e Augusto Ramalho de Moraes – UFLA.

S. A cv. Talismã apresentou maior extração e maior exportação de Ca que a cv. Ouro Negro, a qual mostrou maior teor foliar de K. Os macronutrientes N, P, K, Mg e S foram absorvidos até os 70 a 80 dias após emergência, enquanto o Ca foi absorvido até os 59 dias. A maior taxa de absorção de Ca ocorreu dos 29 aos 37 dias após a emergência. No caso dos demais macronutrientes, ela ocorreu entre 42 e 47 dias, exceto o S, o qual apresentou maior amplitude. Os teores de micronutrientes situaram-se dentro das faixas consideradas adequadas para o feijoeiro. Por volta dos 60 DAE, quase a totalidade do B, Fe e Mn já havia sido absorvida, enquanto com Cu e Zn isto ocorreu mais tarde, por volta dos 77-79 DAE. As quantidades extraídas de micronutrientes seguiram a seguinte ordem decrescente: $Fe > Zn > Mn > B > Cu$. O feijoeiro cultivado no sistema de plantio direto apresentou maior teor foliar e maior extração de cobre em relação ao sistema convencional. A cultivar Ouro Negro acumulou mais ferro que a Talismã. As maiores taxas de acúmulos de micronutrientes ocorreram entre 32 e 50 DAE, com exceção da cv. Ouro Negro, em plantio convencional, que apresentou as maiores taxas de acúmulo mais precocemente em relação aos demais ensaios. Quanto à exportação, as quantidades seguiram a seqüência $Fe > Zn > Mn > Cu > B$.

ABSTRACT

VIEIRA, Neiva Maria Batista . **Growth and nutrients absorption march in bean cvs. BRS-MG Talismã and Ouro Negro cultivated in no-tillage and conventional crop system.** 2006. 145 p. Dissertation (Master in Agronomy/Crop Science)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The objective of this research was to study the growth in height, the dry matter accumulation pattern and also the content, accumulation, absorption march and exportation of nutrients along the bean crop cycle. An experiment was set up in Lavras, MG (winter - spring 2002) and other three were performed in Madre de Deus de Minas, MG (dry crop season – 2005) with bean of cvs. Ouro Negro and Talismã under no-tillage and conventional crop systems. Every seven days 10 or 20 plants had been sampled to height measurements and other 20 plants for dry matter and nutrients content evaluation. The experiments were carried out in a randomized blocks design with three replications and 11 or 12 treatments or sampling times. The data were treated with a variance and regression analysis and representative curves of the evaluated variables were fitted and adjusted. It was observed that the cultivar and the crop system did not show any consistent effect over the final height and the maximal dry matter accumulation in bean perhaps due to the fertility of the soils. The growth curves had shown that the maximum height was reached by the 50 DAE (Days After Emergence) in no-tillage crop system while in the conventional crop system the bean kept growing up to the 72-73 DAE, closing the field later. The pattern of dry matter accumulation showed that there was a small increment until the 21-24 DAE for the two cultivars. The maximum accumulation could be observed in the no-tillage cropping systems by the 75-76 DAE for the cv. Ouro Negro and by the 80-81 DAE for the cv. Talismã. The highest rates of dry matter accumulation were verified by the 45-48 DAE, except for the cv. Ouro Negro in conventional crop system which presented the lowest accumulation rate. The average macronutrients content and their absorption amount were considered at normal levels, except for S that was lower than the normal values. The decreasing order of absorption was N> K> Ca> Mg> P> S, while the one of exportation was N> K> Ca> P> Mg> S. The extractions of N, P, K and Mg were higher in the no-tillage crop system that also presented larger exports of N, P, K and S. Talismã was the cultivar that presented a higher absorption and exportation of Ca while cv. Ouro Negro showed greater K leaf content. The macronutrients N, P, K, Mg

* Guidance Committee: Messias José Bastos de Andrade – UFLA (Adviser), Janice Guedes de Carvalho – UFLA and Augusto Ramalho de Moraes – UFLA.

and S were absorbed until the 70-80 DAE, while Ca was absorbed until the day 59 and the highest absorption rate of Ca was observed by the 29 to the 37 DAE whereas the other macronutrients were absorbed between 42 and 47 DAE, except S, which presented a larger range in this dates. Besides, the micronutrients contents were considered proper to bean. About the 60 DAE almost all the B, Fe and Mn had already been absorbed, while Cu and Zn were absorbed later, about the 77-79 DAE. The amounts of absorbed micronutrients showed the following decreasing path: Fe > Zn > Mn > B > Cu. Under no-tillage crop system it could be verified a greater absorption of Cu in relation to the conventional bean crop system. The cv. Ouro Negro had shown a higher Fe accumulation in relation to the cv. Talismã. The highest accumulation rates of micronutrients were observed between the 32 and 50 DAE, exception for the cv. Ouro Negro, in conventional crop system which presented the highest rates earlier. In relation to the amounts of micronutrients exported, the sequence were Fe > Zn > Mn > Cu > B.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

Para avaliar os efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, a análise de crescimento é fundamental, pois descreve as mudanças no desenvolvimento vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento de grãos. Esse crescimento pode ser avaliado de várias maneiras. Em alguns casos, a determinação da altura é suficiente, isoladamente, mas, em certos casos, maiores informações são necessárias, como, por exemplo, a dinâmica da produção fotossintética avaliada por meio do acúmulo de matéria seca.

A análise da curva de acúmulo de matéria seca de uma espécie vegetal constitui importante ferramenta para orientar, dentre outros aspectos culturais, o manejo racional da adubação. A curva de acúmulo de matéria seca da cultura, por registrar as diferentes taxas de crescimento durante o ciclo, mostra as variações, porventura existentes, na demanda de nutrientes para sustentá-la, podendo melhor orientar as estratégias a serem empregadas nas adubações, como aplicações em pré-plantio, plantio, cobertura e ou adubação foliar.

O estudo da curva de crescimento pode ser complementado pela obtenção da marcha de absorção de nutrientes, ou seja, pelo acompanhamento da absorção e ou acúmulo de macro e micronutrientes. Alguns trabalhos realizados já há alguns anos mostram apenas a marcha de macronutrientes, devido às dificuldades para análise de micronutrientes, superadas mais recentemente.

As curvas de crescimento e a marcha de absorção de nutrientes, em função do estágio fenológico da planta, fornecem informações de grande importância, pois permitem conhecer as quantidades de nutrientes absorvidas e a intensidade relativa de absorção em cada fase da cultura. Pelo exame dessas curvas são evidenciados os períodos em que as plantas absorvem, em maior

proporção, os nutrientes essenciais, fornecendo informações básicas sobre as épocas mais adequadas para a aplicação dos fertilizantes. Em espécies de pequeno sistema radicular e altamente exigentes em nutrientes, como o feijoeiro comum, estas informações são ainda mais valiosas.

É interessante lembrar, entretanto, que os valores variam com a cultivar de feijoeiro (pelo seu potencial de rendimento e pela maior ou menor eficiência de absorção de cada um dos nutrientes) e com as condições edafoclimáticas, como fertilidade e tipo de manejo do solo, temperatura e pluviosidade, dentre outros.

Embora sejam disponíveis na literatura alguns resultados com o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), a quase totalidade foi obtida já há bastante tempo, com o emprego de cultivares de baixo rendimento de grãos, não mais utilizadas pelos produtores e, basicamente, no sistema convencional de cultivo.

O objetivo do presente trabalho foi estudar o comportamento do feijoeiro cvs. BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional, por meio das curvas de crescimento em altura e de acúmulo de matéria seca total, além do teor, acúmulo, marcha de absorção e exportação de nutrientes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Análise de crescimento vegetal

A análise quantitativa do crescimento vegetal é considerada, internacionalmente, como o método padrão para a estimativa da produtividade primária de uma comunidade vegetal, descrevendo as condições morfo-fisiológicas da planta. Por meio da análise de crescimento, avalia-se a produção líquida das plantas derivada do processo fotossintético, a qual é resultado do desempenho do sistema assimilatório durante um certo período de tempo (Magalhães, 1979).

As primeiras técnicas de análise de crescimento vegetal foram desenvolvidas há mais de 70 anos por pesquisadores britânicos e reunidas por Watson (1952) em um extenso trabalho de revisão. Nichiporovich & Fal, citados por Kvet et al. (1971), introduziram-lhes pequenas modificações.

Radford (1967), além de apresentar uma revisão das formas de análise de crescimento, suas derivações e condições necessárias para uso correto, discutiu um método alternativo, o qual envolve uma descrição matemática do peso seco e da área foliar relacionada com o tempo, seguidos pelos cálculos das estimativas pontuais de vários parâmetros de crescimento.

Segundo este mesmo autor, duas condições são requeridas para se conduzir uma análise de crescimento simples: uma medida do material da planta individual, como o peso ou acúmulo de matéria seca, e uma medida da magnitude do sistema assimilatório da planta, onde a área foliar total é a mais usual. Estas medidas são obtidas a determinados intervalos de tempo, durante o crescimento das plantas.

2.2 Interação ambiente x crescimento vegetal

Para avaliar os efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, a análise de crescimento é fundamental, pois, descreve as mudanças no desenvolvimento vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento. Segundo Kvet et al. (1971), a análise de crescimento de comunidades vegetais é um dos primeiros passos na análise de produção primária, caracterizando-se como o elo de ligação entre o simples registro do rendimento das culturas e a análise destas por meio de métodos fisiológicos, podendo ser utilizada para conhecer a adaptação ecológica das plantas a novos ambientes, a competição interespecífica, os efeitos de sistemas de manejo e a capacidade produtiva de diferentes genótipos.

Estudos realizados por Emerson (1916) constataram que o número de internódios e o comprimento das plantas de feijão eram herdados quantitativamente, com o último apresentando grande sensibilidade às condições ambientais, como luz, temperatura, umidade e manejo da cultura.

A análise de crescimento, segundo Pereira & Machado (1987), representa a referência inicial na análise de produção das espécies vegetais, requerendo informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados, tais como a quantidade de material contido na planta toda e em suas partes (folhas, colmos, raízes e frutos) e o tamanho do aparelho fotossintetizante (área foliar), obtidos a intervalos de tempo regulares, durante o desenvolvimento fenológico da planta. De acordo com Araújo (1983), a produção econômica de uma planta dentro de um sistema é o resultado do somatório de toda interação da planta com o ambiente. Esta afirmativa, de certa forma, foi confirmada por Urchei et al. (2000), os quais, estudando a análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro (Safira e Aporé) sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional, concluíram que o acúmulo de matéria seca do feijoeiro foi claramente influenciado pelo sistema de preparo do solo,

tendo o plantio direto propiciado os maiores valores. Até aos 23 dias após emergência (DAE), as diferenças na produção de matéria seca foram muito pequenas, evidenciando ausência de efeito dos sistemas de preparo nessa fase. A partir dos 37 DAE, entretanto, as diferenças passaram a ser maiores, intensificando-se do início do florescimento (quando as necessidades hídricas e nutricionais da cultura aumentam), até o início da maturação das vagens (79 DAE), com o plantio direto se destacando em relação ao preparo convencional.

2.3 Crescimento em altura

Como comentado anteriormente, para se realizar uma análise de crescimento é necessária a obtenção de alguns parâmetros, principalmente aqueles correlacionados com a produtividade das culturas. Além da produtividade primária, outras medidas auxiliam a compreender em parte os fenômenos intrínsecos das plantas. Uma das medidas mais simples de serem utilizadas é a altura da planta.

No feijoeiro, a altura da planta é representada pelo número de internódios e pelo comprimento da haste, os quais, como já comentado anteriormente, são herdados quantitativamente e apresentam grande sensibilidade às condições ambientais. A altura das plantas, portanto, pode estar relacionada com a produção de grãos, uma vez que ambos são função do número de nós, ou posições por partes reprodutivas. Quanto maior o número de nós, mais posições e, por consequência, maior altura. Esta última, obviamente, depende também do alongamento dos entrenós, que, por sua vez, apresenta intensa relação com o ambiente (Emerson, 1916).

Brandes et al. (1972), estudando a influência da densidade populacional sobre a altura das plantas, concluiu que a altura do feijoeiro cv. Rico 23 atingiu valores máximos aos 40 DAE, nas maiores densidades (500 mil e 1 milhão de plantas. ha⁻¹) e aos 50 DAE, nas menores densidades (125 e 250 mil plantas.ha⁻¹)

de semeadura empregadas. Além disso, as plantas ostentaram o maior número de folhas por área quando atingiram a altura máxima.

O comportamento de cinco cultivares de feijoeiro (Bico de Ouro, Carioca, Goiano Precoce, Rico 23 e Rosinha G-2) em relação ao crescimento em altura foi estudado por Bulisani (1994). O autor concluiu que, em geral, as cultivares estudadas apresentaram crescimento lento em altura até o 20º dia após germinação e, ao final do ciclo, quando da maturação, uma diminuição não muito acentuada desse crescimento.

Souza et al. (2003), estudando a altura do feijoeiro, cvs. Pérola e Carioca, em função da população de plantas, adubação e calagem, em um solo de baixa fertilidade natural, concluíram que a altura das plantas foi superior na safra das águas e que esta característica apresentou-se diretamente proporcional aos níveis de adubação e calagem, segundo uma relação quadrática. Em relação à densidade populacional, esta mesma característica revelou-se inversamente proporcional (relação linear), situação que difere da maioria dos resultados que demonstram, dentro de certos limites, aumento da altura (ou estiolamento) com o incremento de população, como os obtidos por Villamil Lucas (1987) com feijão de vagem cvs. Tendercrop, Gallatin 50, Early Gallatin, Contender e Eagle e por Valério et al. (1999) com as cvs. Aporé, Carioca e Pérola.

Souza et al. (2003) mencionaram a menor fotodegradação de auxinas em populações mais elevadas para explicar aquele efeito, segundo proposto por Taiz & Zeiger (1991), e creditaram este resultado diverso ao tipo de solo empregado. Ao lado destes resultados, entretanto, existem outros, como os de Teixeira (1998), com a cv. Pérola, em que não foram detectados efeitos significativos das populações sobre a altura dos feijoeiros, influenciado pelo equilíbrio nutricional do solo em questão.

2.4 Acúmulo de matéria seca

De acordo com Magalhães (1979), em uma curva hipotética de crescimento de um vegetal existe um período inicial em que o crescimento é lento, seguido de uma fase de rápido aumento de tamanho e, finalmente, um decréscimo no acúmulo de matéria orgânica. Há mais de 50 anos, Hammond & Kirkham (1949) mediram o peso seco total de plantas de soja, em condições de campo e de casa de vegetação, concluindo que a curva de crescimento daquela espécie, quando representada logaritmicamente, constituía-se de três segmentos lineares distintos, coincidindo com diferentes estádios de desenvolvimento da planta: a) anterior à floração, b) da floração até o término do crescimento vegetativo e c) desenvolvimento dos grãos. A taxa de crescimento relativo permanecia constante em cada estádio, porém, mudava, abruptamente, na passagem de um estádio para outro.

A interpretação fisiológica destas diferentes fases de crescimento se baseia em alguns princípios básicos. Inicialmente, a planta depende de reservas da semente para a produção dos órgãos que compõem a plântula. Após o desenvolvimento do sistema radicular e a emergência das folhas, os processos anabólicos, dependentes da fotossíntese, se traduzem por um rápido crescimento, atingindo um tamanho definitivo. A partir daí, a planta inicia uma fase de senescência, que se resulta na paralisação da produção da matéria orgânica.

Cobra Netto (1967), estudando o feijoeiro comum cv. Roxinho, em condições de campo, apontou crescimento contínuo da matéria seca até o 56^o DAE, com ligeira diminuição até o 66^o DAE, devido à queda intensa de folhas, seguida de leve aumento causado, sobretudo, pela maior produção de vagens. Quanto às partes da planta, foi determinada máxima produção de matéria seca de caules e folhas em torno do 56^o DAE, havendo diminuição a seguir, até o final do ciclo. Inversamente ao que aconteceu com os caules e folhas, a partir desta data constatou-se aumento da matéria seca das vagens até o final do ciclo.

Estudos realizados por Brandes (1971) e Brandes et al. (1972), durante todo o ciclo vegetativo do feijoeiro cv. Rico 23, constataram que, aos 10 DAE, as folhas contribuíram com 60% do total da matéria seca, apresentando máximo de crescimento por volta dos 40 a 50 DAE quando foram, progressivamente, participando menos, até caírem completamente. Os caules aumentaram sua participação até aos 40 dias, alcançando 40% do peso total, para depois diminuir. Este resultado sugere que os caules são, por algum tempo, depósitos dos produtos fotossintetizados, da mesma forma que as vagens o serão mais tarde, de maneira definitiva e acentuada. Estas últimas começaram a participar, modestamente, aos 40 dias, para atingirem 70 a 75% da matéria seca na colheita.

A produção de matéria seca das folhas segue uma tendência bastante normal e definida pelo seu número e área (Brandes, 1971; Wallace & Munger, 1966; Lopes et al., 1983). A partir do 20º DAE há um crescimento acentuado na cv. Rico 23, que perdura por volta de 30 dias, quando então o acúmulo de matéria seca se estabiliza (Brandes, 1971 e Brandes et al., 1972).

Num estudo sobre o crescimento de milho (híbrido duplo AG-401) e feijão (cv. CNF-010, de grão roxo), em monocultivo e consórcio, Reis (1984) verificou que o feijoeiro em plantio exclusivo apresentou acúmulo de matéria seca relativamente baixo até aos 20 DAE. A partir daí, houve um período de rápido crescimento das plantas, ocorrendo o máximo de peso seco por volta dos 60 dias de desenvolvimento da cultura. Aos 43 dias não houve aumento de peso seco da parte vegetativa (caule+folhas), chegando a decrescer, embora o peso seco total da planta tenha aumentado até os 64 dias. Isso indica que o crescimento vegetativo se deu até o início do período de florescimento, a partir do qual o crescimento em peso da planta passou a refletir apenas o acúmulo de matéria seca das vagens.

Almeida & Bulisani (1980) verificaram crescimento muito reduzido do feijoeiro cv. Carioca até o 20º DAE. A partir desse estágio, o crescimento foi

intensificado, atingindo o máximo entre 60 e 70 dias, iniciando, a partir daí, uma fase decrescente.

Segundo Rosolem (1987), durante o florescimento da cv. Carioca, que compreende o período entre 45 e 55 dias, é que se observa a maior velocidade de produção e de acúmulo de matéria seca. Nesse período, a cultura do feijão acumula em torno de 67 kg ha dia⁻¹ de matéria seca. Na sequência, diminui a quantidade total de matéria seca com queda de folhas e, a partir dos 70 dias, novo crescimento da matéria seca é verificado, agora em função do desenvolvimento dos grãos. Este comportamento é compatível com os resultados de Haag et al. (1967), para quem o crescimento inicial do feijoeiro cv. Chumbinho Opaco é muito lento nos primeiros 20 dias após a germinação, quando produz apenas 5% da matéria seca total; do início do florescimento até aproximadamente 50 dias após a germinação, as plantas crescem rapidamente, mas, a partir daí o crescimento diminui. Segundo os mesmos autores, na maturação, há o quádruplo de matéria seca (em torno de 100 g.planta⁻¹) em relação ao florescimento (em torno de 30 g.planta⁻¹). Já estudos realizados por Gallo & Miyasaka (1961), com a mesma cultivar, constataram que este valor é apenas duas vezes maior. Nos ensaios sem adubação, a matéria seca no estágio de maturação se aproximava dos 1.400 kg.ha⁻¹, enquanto que, nos adubados, esse valor era próximo aos 2.300 kg.ha⁻¹.

De acordo com Bulisani (1994), a produção de matéria seca das partes reprodutivas do feijoeiro (cvs. Bico de Ouro, Carioca, Goiano Precoce, Rico 23 e Rosinha G-2) inicia-se em torno dos 40 DAE, com a contribuição das flores. Estas perduram por 10 a 20 dias, dependendo do ciclo e hábito de crescimento, sendo depois substituídas pelas vagens.

Em leguminosas, há inconsistência quanto à relação entre produção de grãos e produção total de matéria seca. Shibles & Weber (1966), em soja, verificaram que a produção de grãos não se correlacionou com a produtividade

biológica. Por outro lado, Kueneman et al. (1979), estudando cinco cultivares de feijão, observaram correlação positiva e significativa entre produção de grãos e produtividade biológica. Stone & Pereira (1994), estudando a influência da adubação e espaçamento entre linhas no crescimento do feijoeiro, determinaram que nas cvs. Safira e Mineiro Precoce e na linhagem TC 1558-1, houve correlação positiva entre produção de grãos e peso da matéria seca.

Porém, em leguminosas, a partição dos fotossintatos entre as diferentes partes da planta parece ser mais importante que a quantidade de matéria seca total na definição da produção de grãos (Wallace et al., 1976). Shibles & Weber (1966) observaram, em soja, que a produção de grãos foi uma função da utilização diferencial de fotossintatos entre produção vegetal e de grãos.

Gomes et al. (2000), estudando a acumulação de biomassa nas cultivares Xodó, Carioca, Negro Argel e na linhagem A320 de feijão, irrigado e em sequeiro, observaram, em ambos os sistemas de cultivo, três estádios de crescimento do feijoeiro: uma fase inicial, de crescimento relativamente lento, uma intermediária, dos 35 aos 63 a 70 dias após semeadura, em que o crescimento foi acelerado, sobretudo no tratamento irrigado; e a fase final, em que houve decréscimo acentuado, em decorrência da senescência foliar. Em todas as cultivares estudadas, a acumulação máxima de biomassa nas folhas ocorreu entre 56 e 63 dias após semeadura, nos ramos entre 63 e 70 DAE, e nas vagens, entre 70 e 77 DAE, nos dois tratamentos. Portanto, a acumulação de massa seca ocorreu, preferencialmente, nas folhas, depois nos ramos e, finalmente, nas vagens, corroborando com os resultados de Costa et al. (1991), em estudos realizados com a cv. Negrito 897. Em leguminosas, os fotoassimilados produzidos pelas folhas são acumulados intermediariamente nos ramos, sendo, posteriormente, translocados para as vagens (Subbarao et al., 1995).

Xavier (1976), estudando duas cultivares de feijoeiro do grupo comercial preto (Rico 23 e Preto de Patos 94) e duas do grupo manteigão (Manteigão Fosco 11 e Baetão Manteiga 41), em duas épocas de plantio, encontrou máxima taxa de produção de matéria seca (cerca de $4 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) em torno do trigésimo DAE, no cultivo de verão-outono. Já na primavera-verão, essa taxa foi constante até o quinquagésimo dia, exceto na cultivar Manteigão Fosco 11, na qual aquela taxa já foi nula por volta do trigésimo dia.

A taxa máxima de acúmulo de matéria seca no caule das cvs. Bico de Ouro, Carioca, Goiano Precoce e Rosinha G-2 acentua-se a partir do 40º DAE, sendo os maiores valores atingidos entre o 50º e 60º DAE. Posteriormente, há uma redução nesta matéria seca, quando as plantas se aproximam do estágio de maturação completa (Bulisani, 1994).

Lopes (1988), baseado em dados de Antoniw & Sprent (1978), Brower (1962) e Lopes et al. (1983), apontou que a taxa de acúmulo de matéria seca é sequencial, modificando-se conforme o estágio de crescimento da planta. No início, folhas e raízes são drenos preferenciais; por certo período, os caules assumem relevância e, a partir do florescimento, com o aparecimento das vagens, estas passam a ser os drenos preferenciais.

2.5 Acúmulo de nutrientes

O feijoeiro é considerado uma espécie exigente em nutrientes, o que pode ser creditado ao seu sistema radicular superficial e ao seu reduzido ciclo cultural (Rosolem, 1987; El-Husny, 1992; Rosolem & Marubayashi, 1994; Fageria & Souza, 1995).

Segundo Loehwing (1951), da germinação ao florescimento, três estádios distintos do metabolismo podem ser caracterizados. Uma fase inicial anabólica, na qual a absorção de nutrientes e a síntese de proteínas são rápidas; uma segunda fase, em que o acúmulo de carboidratos é acelerado e a taxa de

síntese de proteínas vai gradativamente diminuindo e, finalmente, com a aproximação do florescimento, uma fase catabólica é iniciada, na qual a hidrólise começa a ser superior à síntese, com redistribuição interna de nutrientes.

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 para elas translocadas. Essa maior exigência se deve ao fato de os nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Analisando os resultados disponíveis sobre as exigências nutricionais do feijoeiro, ou seja, da absorção de nutrientes em função da idade da planta (Gallo & Miyasaka, 1961; Haag et al., 1967; Cobra Netto et al., 1971) e outras publicações a respeito (Rosolem, 1987; Moraes, 1988; Rosolem & Marubayashi, 1994), verifica-se que a absorção de nutrientes segue a curva de crescimento, o que, por sua vez, remete à constatação de que a maior exigência nutricional se dá no período que antecede o maior crescimento da cultura. Moraes (1988) situou essa máxima exigência nutricional entre os 15-20 e 50 DAE, apesar de salientar a importância da adequada disponibilidade de nutrientes logo após a germinação, imprescindível ao adequado estabelecimento da cultura. Diferenças encontradas entre os trabalhos disponíveis foram, por este último autor, creditadas, principalmente, aos diferentes ciclos culturais das cultivares utilizadas nos respectivos estudos.

O potencial produtivo de uma cultivar pode promover variação na quantidade extraída e ou exportada, sendo de extrema importância, em trabalhos desta natureza, utilizar cultivar de alto potencial produtivo e de boa aceitação no mercado.

2.5.1 Macronutrientes

Segundo El-Husny (1992), a extração de macronutrientes pelo feijoeiro cv. Carioca obedece à seguinte ordem decrescente: N, K, Ca, Mg, S e P. A grande maioria dos trabalhos concorda quanto aos nutrientes mais extraídos pelo feijoeiro: o N e o K, seguidos do Ca e, depois do S, Mg e P (Haag et al., 1967; Cobra Netto et al., 1971; Malavolta & Lima Filho, 1997; Garrido et al., 2000). Já Teles Neto (2001) encontrou a seguinte seqüência decrescente de extração: K, N, Ca, Mg, S e P.

Quanto à exportação, a maioria dos trabalhos concorda que os nutrientes mais exportados pelo feijoeiro são N e K (Galo & Miyasaka, 1961; Haag et al., 1967; Cobra Netto et al., 1971; Mafra et al., 1974; El-Husny, 1992; Malavolta & Lima Filho, 1997), seguidos pelo S (Haag et al., 1967, Cobra Netto et al., 1971; Malavolta & Lima Filho, 1997) ou P (Galo & Miyasaka, 1961; Mafra et al., 1974; El-Husny, 1992). De acordo com Haag et al. (1967), Cobra Netto et al. (1971), Mafra et al. (1974) e El-Husny (1992), o Mg é o macronutriente menos exportado. Estudos realizados por Teles Neto (2001) apontam a seguinte ordem decrescente de exportação: K, Ca, N, Mg, S e P.

Malavolta & Amaral (1978), em estudo de avaliação da eficiência de utilização do nitrogênio, fósforo e potássio, cultivaram 104 cultivares de feijoeiro (gênero *Phaseolus*) em duas fases: a primeira em solução nutritiva e a segunda no campo. Os autores encontraram, entre a mínima e a máxima eficiência de nitrogênio, fósforo e potássio, variações da ordem de 30 vezes para N e P e de 100 vezes para o K e concluíram que a produção se correlaciona, de modo altamente significativo, com eficiência de utilização dos nutrientes. Isso sugere que o emprego deste parâmetro pode ser útil no melhoramento, devido à possibilidade de existirem efeitos de genes aditivos, dando uma contribuição maior para a utilização de N, P e K no processo de formação de grãos.

Almeida & Bulisani (1980), trabalhando com feijão (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioca, construíram curvas de absorção e de distribuição de nutrientes, pelas quais mostraram que o feijoeiro apresenta absorção crescente de nitrogênio a partir dos 20 DAE, ao passo que a absorção de fósforo é muito baixa até os 10 dias após germinação e que, após este estágio, a taxa de absorção de potássio desenvolve-se muito pouco. Oliveira & Dantas (1988) reafirmaram a citação anterior, para caupi, relatando que a taxa de absorção de potássio é semelhante à do fósforo, muito baixa nas duas primeiras semanas e gradualmente crescente até atingir seu ponto máximo entre 40 e 50 dias, nas cultivares de porte indeterminado (ciclo curto), e entre 75 a 90 dias nas de porte indeterminado (ciclo longo), o que coincide com o período de floração.

Malavolta & Lima Filho (1997) verificaram que o enchimento das vagens do feijoeiro deve ocorrer, em parte, pela redistribuição dos conteúdos de nitrogênio, fósforo e potássio existentes nas folhas, cujos teores diminuem. O mesmo comportamento, de forma surpreendente, ocorreu também com o cálcio, em geral tido como imóvel no floema. Já os teores foliares de magnésio e enxofre não variaram substancialmente.

O nitrogênio, em particular, tem grande importância, principalmente nas fases de florescimento e enchimento de grãos, pois, como há vagens e grãos crescendo quase ao mesmo tempo, a demanda por N nessa fase é alta (Portes, 1996). Dessa forma, o feijoeiro não absorve todo o N que necessita nos primeiros 50 dias do ciclo (Rosolem, 1987). Westermann et al. (1981) observaram absorção de até 3,5 kg ha⁻¹ dia⁻¹ no período de enchimento de grãos, num estudo realizado com nove cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). Gallo & Miyasaka (1961) afirmam que, no período de 33 a 44 dias após o estabelecimento da cultura, ocorre absorção máxima de nitrogênio, com cerca de 2,46 kg de N ha⁻¹ dia⁻¹, na cv. Chumbinho Opaco.

Caballero et al. (1985) verificaram que a absorção máxima de nitrogênio vai até, aproximadamente, 80 DAE, o que está de acordo com Rosolem (1987), que relata aumento no peso de 100 sementes com a aplicação de nitrogênio após o florescimento da cultura, na cv. Carioca. Rosolem (1987) cita ainda que adubações de cobertura são melhor aproveitadas pelo feijoeiro quando realizadas até 36 DAE, enquanto Boaretto & Rosolem (1989) informam que a máxima velocidade de absorção de nitrogênio pelo feijoeiro ocorre durante o estágio de florescimento da cultura.

De acordo com Hungria et al. (1985), 60% do N mineral total acumulado pelo feijoeiro durante o ciclo são absorvidos entre os estágios de florescimento e meados do estágio de enchimento dos grãos. Como o nitrogênio das folhas é translocado para os grãos, as folhas mais velhas cairão e a taxa fotossintética das folhas remanescentes decrescerá quase que simultaneamente se a disponibilidade do nutriente no solo for baixa nessa fase do ciclo da cultura (Portes, 1996), podendo ocorrer redução da produtividade de grãos.

Brito (1992) afirmou que o acúmulo de matéria seca e de nitrogênio absorvido aumenta significativamente em cada época sucessiva de desenvolvimento das culturas, sendo maior no período de enchimento de vagens e maturação fisiológica, o que, no caso do feijão cv. Carioca, ocorre entre 47 e 78 dias após semeadura.

Segundo Arf et al. (1999), a absorção do nitrogênio ocorre praticamente durante todo o ciclo da cultura, mas, a época de maior exigência, quando a velocidade de absorção é máxima, acontece dos 35 aos 50 DAE.

Em relação ao fósforo, a maior velocidade de absorção dá-se dos 30 aos 55 dias, compreendendo desde o período do aparecimento dos botões florais até o final do florescimento, acentuando-se ainda mais entre 45 e 55 dias, época em que começa a formação das vagens e o feijoeiro cv. Carioca absorve cerca de $0,21 \text{ kg de P ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Até aos 55 dias, a maior quantidade de fósforo absorvido

localiza-se nas folhas e, a partir deste período, é aparente uma translocação do nutriente para as vagens (Rosolem, 1987). Na cv. Chumbinho Opaco, no período de 33 a 44 dias, Gallo & Miyasaka (1961) determinam absorção de 0,27 kg de P ha⁻¹ dia⁻¹.

A maior demanda de potássio pelo feijoeiro ocorre entre 25 e 35 DAE, período de diferenciação dos botões florais, quando a absorção média é de 1,69 kg de K ha⁻¹ dia⁻¹ e entre 45 e 55 dias, correspondendo ao final do florescimento, com demanda média de absorção de 3,29 kg de K ha⁻¹ dia⁻¹ na cv. Carioca (Rosolem, 1987). No período de 33 a 44 dias, Gallo & Miyasaka (1961), estudando a cv. Chumbinho Opaco, relatam uma demanda de 2,17 kg de K ha⁻¹ dia⁻¹. Segundo Rosolem (1996), a quase totalidade do K é absorvida pelo feijoeiro até 40-50 DAE. Entretanto, pesquisas conduzidas em diferentes épocas e regiões mostraram que a resposta aos fertilizantes potássicos são pouco freqüentes no Brasil ou de pequena magnitude, em função da fertilidade natural dos solos, com teores médios a altos de K, da curta duração dos ensaios e das baixas produtividades dos experimentos (Moraes, 1988).

O cálcio atinge seu ponto máximo de absorção entre 10 e 15 DAE, tanto nos feijoeiros de porte determinado como indeterminado. Segundo Haag et al. (1967), a absorção máxima de cálcio pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) cv. Chumbinho Opaco ocorre em torno dos 50 DAE. Ocorre intensamente dos 27 aos 55 dias, compreendendo o período de diferenciação floral até o final do florescimento, fase em que a absorção média é de 1,52 kg de Ca ha⁻¹ dia⁻¹ na cv. Carioca (Rosolem, 1987).

Para Oliveira & Dantas (1988), no caupi, o magnésio atinge seu ponto máximo de absorção entre 10 e 15 DAE, tanto nas plantas de porte determinado como indeterminado, enquanto que Haag et al. (1967) encontraram máxima absorção de magnésio em torno dos 70 DAE no feijoeiro comum cv. Chumbinho Opaco.

O enxofre tem sua velocidade de absorção relativamente alta desde os 25 dias, atingindo sua máxima absorção no final do florescimento, ocasião em que chega, aproximadamente, a 0,80 kg de S ha⁻¹ dia⁻¹ na cv. Carioca (Rosolem, 1987). Haag et al. (1967) observaram que, na cv. Chumbinho Opaco, a absorção máxima ocorre em torno dos 70 DAE. Dantas et al. (1979) concluíram que o enxofre é absorvido pelo feijão macassar durante todo seu ciclo, atingindo o ponto máximo no período de floração e formação de vagens.

De modo geral, em relação à cultura do feijoeiro, há um consenso de que o nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais extraídos e mais exportados, seguidos do cálcio, em termos de extração e, depois o enxofre, o magnésio e o fósforo. O enxofre e o fósforo têm uma exportação maior do que a do magnésio (Cobra Netto et al., 1971 e Haag et al., 1967).

2.5.2 Micronutrientes

Publicações sobre a necessidade de macronutrientes datam de longo período e são abundantes. Já os estudos relacionados aos micronutrientes são, na maioria, recentes e relativamente escassos. Este fato encontra plena justificativa, uma vez que eles foram reconhecidos como elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas apenas em 1930 e tiveram, até recentemente, relativa dificuldade de análise de forma rotineira em laboratórios de solo e material vegetal.

A absorção de micronutrientes pelo vegetal depende, entre outros fatores, do estágio de desenvolvimento da planta e da atividade metabólica desse micronutrientes (Epstein, 1972). Segundo este mesmo autor, em um determinado instante, os diferentes órgãos de uma planta podem apresentar diferentes estágios de desenvolvimento, o que, conseqüentemente, influenciará sua composição mineral.

O meio ambiente representa importante papel na absorção de micronutrientes, uma vez que a disponibilidade deles depende de uma série de fatores relacionados com as condições do meio (Andreew & Thorne, 1962; Bates, 1971; Lessman & Ellis, 1971; Melton et al., 1970). A variação dessas condições altera a disponibilidade dos elementos, modificando sua absorção pelas plantas (Burlson, 1971). Além disso, a sensibilidade das diferentes espécies de plantas para tais alterações do meio é extremamente variável (Pearson & Adams, 1967). Alterações na taxa de crescimento, anomalias no desenvolvimento e variações nas concentrações dos vários elementos minerais no tecido vegetal são comumente citadas como conseqüências de alterações na quantidade e na forma química do elemento no solo (Frieden, 1972; Randhawa & Kanwar, 1964; Rathore et al., 1970). Isso ocorre porque a velocidade de transferência do nutriente do solo para o vegetal depende de muitos fatores, dentre os quais, a natureza do solo (Gilbert, 1952; Hodgson, 1963; Mengel & Barner, 1974).

Segundo Lopes & Carvalho (1988), existem fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. A maior disponibilidade de boro se encontra na faixa de pH 5,0 a 7,0 e condições extremas, tais como alta pluviosidade, principalmente em solos arenosos e pobres em matéria orgânica; condições de seca predispõem à sua deficiência. Este fato ocorre pela queda na decomposição da matéria orgânica, importante fonte de B para o solo. No caso do cobre, manganês e zinco, a maior disponibilidade se encontra na faixa de pH entre 5,0 a 6,5; solos orgânicos são os mais prováveis de apresentarem deficiência em cobre, no entanto, solos com baixos teores de matéria orgânica também podem apresentar deficiência, em função de perdas por lixiviação. Estes mesmos fatores, associados ou não a excesso de cálcio, magnésio e ferro induzem à deficiência de manganês. O zinco apresenta deficiência quando utilizadas altas doses de adubos fosfatados, em condições de baixa temperatura e

alta umidade, com alta capacidade de ser fixado pela fração orgânica do solo. O ferro apresenta maior disponibilidade na faixa de pH entre 4,0 e 6,0 e, na maioria das vezes, sua deficiência é causada por desequilíbrio em relação a outros metais, tais como molibdênio, cobre e manganês, além de calagem excessiva, encharcamento, baixas temperaturas e altos níveis de bicarbonatos e quantidades excessivas de P.

Segundo El-Husny (1992), a extração de micronutrientes pelo feijoeiro cv. Carioca obedece à seguinte ordem decrescente: Fe, Mn, B, Zn e Cu. Quanto à exportação, a seqüência decrescente é: Fe, Zn, Mn, B e Cu.

Batista et al. (1975) observaram que o plantio das águas determinou maior absorção de micronutrientes pelo feijoeiro cv. Rico 23, principalmente entre 40 e 60 DAE das plântulas. Estes autores acrescentam que o cobre e o boro foram absorvidos em todo ciclo vegetativo, enquanto que o zinco e o manganês foram absorvidos até os 40 dias, ou seja, até o período que antecede a formação das vagens.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L.D.; BULISANI, E.A. Técnicas para aumentar a rentabilidade do feijoeiro. **Correio Agrícola** (Bayer), São Paulo, v. 1, p. 236-243, 1980.

ANDREEW, C.S.; THORNE, P.M. Comparative response to copper of some tropical and temperate pasture legumes. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 13, n. 15, p. 931-935, 1962.

ANTONIW, L.D.; SPRENT, J.I. Growth and nitrogen fixation on (*Phaseolus vulgaris* L.) at two irradiances. I. Growth. **Annals of Botany**, London, v. 42, p. 329-397, 1978.

ARAÚJO, G.A.A. **Crescimento das plantas e conversão da energia solar em sistemas de cultivos associados e exclusivos de milho e feijão**. 1983. 129 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, MG.

ARF, O. et al. Efeito de doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., Salvador, 1999. **Resumos expandidos...** Goiânia: EMBRAPA, 1999. p. 876-879.

BATES, T.E. Factors affecting critical nutrient concentrations in plant and their evaluation: a review. **Soil Science**, Baltimore, v. 112, n. 2, p. 116-130, 1971.

BATISTA, C.M.; BRUNE, W.; BRAGA, J.M. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): V-Absorção de micronutrientes. **Experimentiae**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 33-57, 1975.

BOARETO, A.E.; ROSOLEM, C.A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 669 p.

BRANDES, D. **Análise de crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), efeito da densidade e da época de plantio**. 1971, 109p. Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BRANDES, D. et al. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). I. Mudanças morfológicas e produção de matéria seca. **Experientiae**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 1-49. jul. 1972.

BRITO, M.M.P. **Marcha de absorção de nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação biológica em caupi (*Vigna uniculata* (L.) Walp.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada usando ¹⁵N.** 1992. 197 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

BROWER, R. Distribution of dry matter in the plant. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.10, p. 361-375, 1962.

BULISANI, E.A. **Crescimento e absorção de nutrientes em cinco cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** 150 p. 1994. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

BURLESON, L.C. The effect of phosphorus fertilization on zinc nutrition of several irrigation crops. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 25, n. 5, p. 365-368, 1971.

CABALLERO, S.V. et al. Utilização do fertilizante nitrogenado aplicado a uma cultura de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.9, p. 1031-1040, set. 1985.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000., 588 p.

COBRA NETTO, A. **Nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** 1967. 91 p. (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

COBRA NETTO, A., ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.28, p. 257-274, 1971.

COSTA, R.C.L.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca em *Phaseolus vulgaris* L. submetido a três níveis de nitrogênio e dois regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 9, p. 1453-65, sept. 1991.

DANTAS, J.P.; BERGAMIN FILHO, H.; MALAVOLTA, E. Estudo sobre a nutrição mineral do feijão massacar (*Vigna sinensis* L.) Endl. IV. Exigências de macro e micronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, USP, v. 36, p. 425-434, 1979.

EL-HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais pra a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do Norte de Minas Gerais.** 1992. 151 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

- EMERSON, R.A. A genetic study of plant height in *Phaseolus vulgaris*. **Nebraska Agricultural Experimental Station Research**, 1916. (Bulletin n.7).
- EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. New York: J. Wiley, 1972. 412 p.
- FAGERIA, N.K.; SOUZA, N.P. Respostas das culturas de arroz e feijão em sucessão à adubação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n.3, p. 359-68, mar. 1995.
- FRIEDEN, E. The chemical elements of life. **Scientific American**, New York, v. 227, n. 1, p. 52-60, 1972.
- GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. **Bragantia**, Campinas, v.20, n.40, p. 867-84, set. 1961.
- GARRIDO, M.A.T. et al. Crescimento, absorção iônica e produção do feijoeiro sob dois níveis de nitrogênio e três lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 187-194, jan./mar. 2000.
- GILBERT, F.A. Copper in nutrition. **Advances in Agronomy**, New York, v. 4, p. 147-7, 1952.
- GOMES, A.A. et al. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1927-1937, Out. 2000.
- HAAG, H.P. et al. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.26, n. 30, p. 380-391, set. 1967.
- HAMMOND, L.D.; KIRKHAM, D. Growth curves of soybean and corn. **Agronomy Journal**, v. 41, p. 23-9. 1949.
- HODGSON, J.H.F. Chemistry of the micronutrient elements in soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 15, p. 119-159, 1963.
- HUNGRIA, M.; NEVES, M.C.P.; VICTÓRIA, R.L. Assimilação do nitrogênio pelo feijoeiro. II. Absorção e translocação do N mineral e do N₂ fixado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.3, p. 201-209, 1985.
- KUENEMAN, E.A.; WALLACE, D.H.; LUDFORD, P.M. Photosynthetic measurements of field-grown dry beans and their relation to selection for yield. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 104, n. 4, p. 480-482, 1979.
- KVET, J. et al. (Ed.). Plant photosynthetic production: manual of methods. Haia, 1971. p. 343-391.

- LESSMAN, G.M.; ELLIS, B.G. Response of *Phaseolus vulgaris* to zinc as influenced by phosphorus level and source. **Soil Science of America Proceedings**, Madison, v. 35, n. 6, p. 935-938, 1971.
- LOEHWING, W.F. Mineral nutrition in relation to the ontogeny of plants. In: TROUG, E. (Ed.). **Mineral nutrition of plants**. Wisconsin: The University of Wisconsin, 1951. p. 313-42.
- LOPES, A.S.; CARVALHO, J.G. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1988, Londrina. **Anais...** Campinas, EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p. 133-78.
- LOPES, N.F. Adaptabilidade fisiológica ao consórcio. In: ZIMERMANN, O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do feijoeiro** – fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. 589 p.
- LOPES, N.F. et al. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. **Revista Ceres**, v.30, p. 451-62, 1983.
- MAFRA, R.C. et al. Efeito da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). IV – Absorção de nutrientes. **Experientiae**, v. 17, p. 217-239, 1974.
- MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento In: FERRI, M.G. (Coord.). **Fisiologia vegetal V1**. São Paulo: USP, 1979. p.331-349.
- MALAVOLTA, E.; AMARAL, F.A.L. Nutritional efficiency of 104 bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.). **Coll. on Plant Analysis and Fertilizer Problems**, v. 2, p. 317, 1978.
- MALAVOLTA, E.; LIMA FILHO, O.F. Nutrição e adubação do feijoeiro. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Tecnologia da produção de feijão irrigado**. Piracicaba:ESALQ, 1997. p. 22-51.
- MELTON, J.R.; ELLIS, B.G.; DOLL, E.V. Zinc, phosphorus and lime interaction with yield and zinc uptake by *Phaseolus vulgaris*. **Soil Science**, Baltimore, v. 34, n. 1, p. 91-93, 1970.
- MENGEL, D.B.; BARNER, S.A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 66, n. 3, p. 399-402, 1974.

- MORAES, J.F.V. Calagem e adubação. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da potassa e do Fosfato, 1988. p. 261-301.
- OLIVEIRA, I.P.; DANTAS, J.P. Nutrição mineral do caupi. In: ARAÚJO, P.P.A.; WATT, E.E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília, EMBRAPA, 1988. 722 p.
- PEARSON, R.W.; ADAMS, F. Soil acidity and liming. In: JACKSON, W.A. Physiological effects of soil acidity. **American Society of Agronomy**, Madison, p. 66-124, 1967.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetal**. Campinas, SP: Instituto Agronômico de Campinas, 1987. 33 p. (Boletim Técnico, 114).
- PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S. et al. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 101-37.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae. Their use and abuse. **Crop Science**, v.7, p. 171-175, 1967.
- RANDHAWA, N.S.; KANWAR, J.S. Zinc, copper and cobalt status of punjab soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 98, n. 6, p. 403-7, 1964.
- RATHORE, V.S. Mechanisms of zinc uptake in bean (*Phaseolus vulgaris*) tissues. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 23, p. 908-919, 1970.
- REIS, W.P. **Análise de crescimento de milho e feijão em monocultivo e consorciados em diferentes arranjos da semeadura destas culturas**. 1984. 113 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 91 p. (Boletim Técnico, 8).
- ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R.S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 375-90.
- ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. **Seja o doutor do seu feijoeiro**. Piracicaba: POTAFÓS, 1994. 16 p. (Informações Agronômicas, 68).

- SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 55-9, 1966.
- SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; MUNIZ, J.A. Altura de planta e componentes do rendimento do feijoeiro em função de população de plantas, adubação e calagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1205-1213, nov./dez. 2003.
- STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 521-533, 1994.
- SUBBARAO, G.V. et al. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 14, p. 469-523, 1995.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: The Benjamin/Cummings, 1991. 565 p.
- TEIXEIRA, I.R. **Comportamento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) submetido a diferentes densidades de semeadura e níveis de adubação nitrogenada**. 1998. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- TELES NETO, M.S. **Feijão: caracterização fitotécnica, extração e exportação de macronutrientes**. 2001. 84 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.35, p. 497-506, mar. 2000.
- VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M.J.B.; FERREIRA, D.F. Comportamento das cultivares de feijão Aporé, Carioca e Pérola em diferentes populações de plantas e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.3, p. 515-528, jul./set. 1999.
- VILLAMIL LUCAS, J.M. **Influência da densidade de população sobre a produção em variedades de feijão vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) de porte baixo**. 1987. 69 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

XAVIER, F.E. **Análise de crescimento de 4 cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em duas épocas de plantio em Viçosa, Minas Gerais.** 1976. 26 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Viçosa, MG.

WALLACE, D.H.; MUNGER, H.M. Studies of physiological basis for yield differences. II. Variations in dry matter distribution among aerial organs for several dry bean varieties. **Crop Science**, v.6, p. 506-507, 1966.

WALLACE, D.H.; PEET, M.M.; OZBURN, J.C. Studies of CO₂ metabolism in *Phaseolus vulgaris* L. and applications in breeding. In: BURRIS, R.H.; BLACK, C.C. (Ed.). **CO₂ metabolism and plant productivity**. Baltimore: University Park, 1976. p. 43-58.

WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. **Adv. Agron.**, v.4, p. 101-145, 1952.

WESTERMANN, D.T. et al. Nitrogen sources for bean seed production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, p. 660-664, 1981.

CAPÍTULO II
ALTURA DE PLANTA E ACÚMULO DE MATÉRIA SECA NO
FEIJOEIRO. cvs. BRS-MG TALISMÃ E OURO NEGRO, EM PLANTIO
DIRETO E CONVENCIONAL

1 RESUMO

VIEIRA, Neiva Maria Batista. Altura de planta e acúmulo de matéria seca no feijoeiro cvs. Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional. In:_____. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes no feijoeiro cvs. Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional.** 2006. Cap. 2, p. 27-58 Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Com o objetivo de estudar a curva de crescimento em altura de planta e acúmulo de matéria seca total ao longo do cultural do feijoeiro, além da taxa de acúmulo de matéria seca, foram conduzidos quatro experimentos de campo, com as cvs. Ouro Negro e Talismã, em plantio direto e convencional. Um experimento foi conduzido em Lavras, em Latossolo Vermelho Distroférico típico, na safra do inverno primavera 2002 e os outros três em Madre de Deus de Minas, em Latossolo Vermelho Amarelo árido, na safra da seca 2005. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições e 11 ou 12 tratamentos ou épocas de coleta. De 7 em 7 dias foram amostradas 10 ou 20 plantas para a determinação da altura, por meio do comprimento da haste principal, e outras 20 plantas para determinação do peso da matéria seca total. Posteriormente, esse material foi seco em estufa com circulação de ar a 65°C a 70°C até peso constante, sendo as amostras pesadas em balança de precisão, determinando-se, então, o peso da matéria seca total. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, com ajuste de curvas representativas do comportamento das características avaliadas. Os efeitos das cultivares e dos sistemas de plantio sobre a altura final das plantas e sobre o acúmulo máximo da matéria seca não foram consistentes e se mostraram mascarados pela fertilidade dos solos em questão. As curvas de crescimento em altura mostraram que, em plantio direto, a altura máxima foi alcançada aos 50 DAE, enquanto que, no plantio convencional, o feijoeiro continuou crescendo até os 72 e 73 DAE, ocorrendo fechamento mais tardio da lavoura. As cvs. Ouro

* Comitê Orientador: Messias José Bastos de Andrade – UFLA (Orientador), Janice Guedes de Carvalho – UFLA e Augusto Ramalho de Morais – UFLA.

Negro e Talismã mostraram padrões de acúmulo de matéria seca muito próximos, com pouco incremento até os 21 a 24 dias após emergência. O máximo acúmulo ocorreu entre 75 e 76 DAE, na cv. Ouro Negro e 80 e 81 DAE, na a cv. Talismã, alcançando maiores acúmulos em plantio direto. As maiores taxas de acúmulo de matéria seca foram verificados entre 45 a 48 DAE, com exceção da cv. Ouro Negro, em plantio convencional, ensaio que também apresentou menor taxa de acúmulo em relação aos demais.

2 ABSTRACT

VIEIRA, Neiva Maria Batista. Height and dry matter accumulation pattern in bean cvs. BRS-MG Talismã and Ouro Negro cultivated in no-tillage and conventional crop system. In:_____. **Growth and nutrients absorption march in bean cvs. BRS-MG Talismã and Ouro Negro cultivated in no-tillage and conventional crop system.** 2006. Cap. 2, p. 27-58. Dissertation (Master in Agronomy/Crop Science)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The objective of this research was study the growth in height pattern and the maximum and rate of accumulation of dry matter along the bean crop cycle. An experiment was set up in Lavras, MG, during the winter - spring 2002 crop season over a dystrophic red oxisol and other three were performed in Madre de Deus de Minas, MG, on the dry crop season of 2005 over a yellow-red anionic oxisol using bean of cvs. Ouro Negro and Talismã cultivated in no-tillage and conventional crop systems. Every seven days 10 or 20 plants had been sampled to height measurements and other 20 plants for dry matter evaluation. Each plant was oven dried (65 – 70°C with forced air circulation) until constant mass. The experiments were carried out in a randomized blocks design with three replications and 11 or 12 treatments or sampling times. The data were treated with a variance and regression analysis and representative curves of the evaluated variables were fitted and adjusted. It was observed that the cultivar and the crop system did not show any consistent effect over the final height and the maximal dry matter accumulation in bean perhaps due to the fertility of the soils. The growth curves had shown that the maximum height was reached by the 50 DAE (Days After Emergence) in no-tillage crop system while in the conventional crop system the bean kept growing up to the 72 and 73 DAE, closing the field later. The pattern of dry matter accumulation showed that there was a small increment until the 21-24 DAE for the two cultivars. The maximum accumulation could be observed in the no-tillage cropping systems by the 75-76 DAE for the cv. Ouro Negro and by the 80 and 81 DAE for the cv. Talismã. The highest rates of dry matter accumulation were verified by the 45-48 DAE, except for the cv. Ouro Negro in conventional crop system which presented the lowest accumulation rate.

* Guidance Committee: Messias José Bastos de Andrade – UFLA (Adviser), Janice Guedes de Carvalho – UFLA and Augusto Ramalho de Morais – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

De acordo com Magalhães (1979), em uma curva hipotética do crescimento de um vegetal existe um período inicial em que o crescimento é lento, seguido de uma fase de rápido aumento de tamanho e, finalmente, há um decréscimo no acúmulo de matéria orgânica. Estas três fases já haviam sido indicadas por Hammond & Kirkham (1949), medindo o peso seco total de plantas de soja, em condições de campo e de casa de vegetação. Concluíram que a curva de crescimento da soja, quando representada logaritmicamente, constituía-se de três segmentos lineares distintos, coincidindo com diferentes estádios de desenvolvimento da planta: a) anterior à floração; b) da floração até o término do crescimento vegetativo e c) desenvolvimento dos grãos. A taxa de crescimento relativo permanecia constante em cada estádio, porém, mudava abruptamente durante a passagem de um estádio para outro.

Almeida & Bulisani (1980), utilizando a cultivar Carioca, verificaram crescimento muito reduzido do feijoeiro até aos 20 DAE. Em seguida o crescimento foi intensificado, atingindo o máximo entre 60 e 70 DAE e, a partir daí, uma fase decrescente.

De modo semelhante, Gomes et al. (2000), estudando a acumulação de biomassa das cultivares Xodó, Carioca e Negro Argel e da linhagem A 320, em condição irrigada e sequeiro, observaram, em ambos os sistemas de cultivo, três estádios de crescimento do feijoeiro: a) uma fase inicial, de crescimento relativamente lento, b) uma intermediária, dos 35 aos 63 a 70 dias após semeadura, em que o crescimento foi acelerado, sobretudo no tratamento irrigado e c) a fase final, em que houve decréscimo acentuado, em decorrência da senescência foliar.

Brandes et al. (1972), estudando a cv. Rico 23, concluíram que a altura das plantas atingiu valores máximos aos 40 DAE e aos 50 DAE, dependendo da densidade de semeadura empregada. Além disso, as plantas ostentaram o maior número de folhas por área quando atingiram a altura máxima. A altura de algumas cultivares de feijoeiro (Bico de Ouro, Carioca, Goiano Precoce, Rico 23 e Rosinha G-2) foi estudada por Bulisani (1994), o qual concluiu que, em geral, o crescimento em altura foi lento até o vigésimo dia após germinação e que, ao final do ciclo, na maturação, houve diminuição não muito acentuada desse crescimento. De qualquer forma, entretanto, estes resultados confirmam afirmativa feita há mais de 90 anos (Emerson, 1916), de que a altura das plantas de uma população é influenciada pelo ambiente e pelas condições de manejo.

Teles Neto (2001), estudando a altura de planta da cv. Carioca, sob irrigação e em sequeiro, encontraram valores aproximados de 140 e 55 cm aos 72 e 88 DAE, respectivamente.

Xavier (1976) avaliou o crescimento do feijoeiro (cvs. Rico 23, Preto de Patos 94, Manteigão Fosco 11 e Baetão Manteiga 41), em duas épocas de plantio e encontraram a máxima taxa de produção de matéria seca (cerca de $4 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) em torno dos 30 DAE, no cultivo de verão-outono. Já na primavera-verão, essa taxa foi constante até os 50 DAE, exceto para a cultivar Manteigão Fosco 11, na qual esta taxa foi nula já por volta do trigésimo dia.

Segundo Rosolem (1987), durante o florescimento da cv. Carioca, que compreende o período entre 45 e 55 DAE, é que se observa a maior velocidade de produção e de acúmulo de matéria seca. Neste período, a cultura do feijão acumula em torno de $67 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de matéria seca. Na seqüência, diminui a quantidade total de matéria seca com a abscisão das folhas, a partir dos 70 dias, novo crescimento da matéria seca é verificado, o que é atribuído ao desenvolvimento dos grãos. Este comportamento é compatível com os resultados obtidos com a cv. Chumbinho Opaco, por Haag et al. (1967), pois,

segundo estes autores, o crescimento inicial do feijoeiro é muito lento e, nos primeiros 20 dias após a germinação, a planta produz apenas 5% da matéria seca total; do início do florescimento até aproximadamente 50 dias após a germinação, as plantas crescem rapidamente, mas, a partir daí o crescimento diminui. Este trabalho concluiu, ainda, que, na maturação, há o quádruplo de matéria seca em relação ao florescimento. Já Gallo & Miyasaka (1961), estudando a cv. Chumbinho Opaco, constataram que a matéria seca na maturação corresponde a duas vezes a matéria seca existente no florescimento.

Estudos realizados por Jauer et al. (2003) utilizando a cv. Pérola, em 4 densidades populacionais, concluíram que, para todas as densidades estudadas, o acúmulo de matéria seca foi crescente até os 75 DAE. Aos 30 DAE, as maiores populações apresentaram os maiores acúmulos, ao passo que, aos 75 DAE, as densidades apresentaram valores que variaram de 692,6 a 693,17 g.m⁻².

Andrade et al. (2005) constataram que o valor do acúmulo de matéria seca total das cvs. Talismã e Ouro Negro, em plantio convencional, foram muito próximos. A partir dos 36 DAE, a cv. Ouro Negro teve uma acumulação maior de matéria seca, atingindo o máximo de 998,04 g.m⁻² aos 76 DAE e a cv. Talismã, 709,47 g.m⁻².

Entretanto, em leguminosas, há inconsistência quanto à relação entre produção de grãos e produção total de matéria seca. Shibles & Weber (1966), em soja, verificaram que a produção de grãos não se correlacionou com a produtividade biológica. Por outro lado, Kueneman et al. (1979), estudando cinco cultivares de feijão, observaram correlação positiva e significativa entre produção de grãos e produtividade biológica. Stone & Pereira (1994), estudando a influência da adubação e espaçamento entre linhas no crescimento do feijoeiro, determinaram que, nas cvs. Safira e Mineiro Precoce e na linhagem TC 1558-1, houve correlação positiva entre produção de grãos e peso da matéria seca.

O objetivo do presente trabalho foi estudar o crescimento do feijoeiro comum, cvs. BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em sistema de plantio direto e convencional, por meio da altura de planta, taxa de acúmulo de matéria seca e acúmulo de matéria seca total.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Clima e solo

O estudo constou de quatro experimentos de campo. O primeiro deles, conduzido com a cv. Talismã em sistema convencional, foi instalado em área do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em um Latossolo Vermelho Distroférico típico (Embrapa, 1999), na safra do inverno-primavera de 2002. Lavras situa-se na região sul de Minas Gerais, a 21°14' de latitude Sul e 45°00' de longitude Oeste (Brasil, 1992), com níveis altimétricos entre 822 e 1.259 m em relação ao nível do mar e topografia caracterizada pela dominância de um relevo colinoso (Sebrae, 1998). Seu clima encontra-se no limite entre Cwb e Cwa, caracterizando clima temperado a temperado subtropical com inverno seco, segundo a descrição de Köppen (Lavras, 1993). A temperatura média do mês mais quente é de 26,1°C e do mês mais frio, 14,8°C, com média anual de 19,4°C. A precipitação anual é de 1.529,7 mm, com cerca de 70% desse total concentrados entre novembro e março. A evaporação total do ano é, em média, 1.034,3 mm, e a umidade relativa média anual do ar é de 76,2% (Brasil, 1992).

Os outros três ensaios foram instalados na Fazenda Ouro Fino, município de Madre de Deus de Minas, em um Latossolo Vermelho Amarelo ácrico (Embrapa, 1999), na safra de verão-outono (ou da seca) de 2005. Madre de Deus de Minas, também no sul de Minas, situa-se a 21°28'56" de latitude Sul e 44°19'47" de longitude Oeste (Localização geográfica, 2006a), com níveis altimétricos entre 973 m e 1.280 m (Localização geográfica, 2006b), altitude média de 1.018 m em relação ao nível do mar e topografia suavemente ondulada (Localização geográfica, 2006a). Seu clima é do tipo Cwb, caracterizando clima mesotérmico com verões quentes e invernos secos, segundo a descrição de

Köppen. A temperatura média do mês mais quente é de 21,82°C e a do mês mais frio, 16,03°C, sendo a média anual de 19,6± 0,6°C. A precipitação anual é de 1.517,0±168 mm, com cerca de 93% desse total concentrados entre outubro e abril (Estação Climatológica Principal de Lavras). Os experimentos desta safra foram conduzidos com a cv. Ouro Negro, em plantio direto e convencional, e com a cv. BRS-MG Talismã em plantio direto.

As ocorrências diárias de temperatura, umidade relativa e precipitação pluvial, durante o período de condução dos experimentos, estão registradas nas Figuras 1 e 2.

Os valores resultantes da análise química de amostras de material dos solos, coletadas à profundidade de 0 a 20 cm, antes da semeadura do feijão, são apresentados na Tabela 1.

4. 2 Cultivares utilizadas

Como já mencionado, foram utilizadas as cultivares BRS-MG Talismã e a Ouro Negro. A cv. Talismã, desenvolvida pelo convênio UFLA/UFV/EPAMIG/EMBRAPA e recomendada para Minas Gerais, apresenta grãos tipo carioca, crescimento indeterminado com guias longas (tipo III), porte prostrado, ciclo médio de 85 dias, resistência à raça alfa brasil (patótipo 89) de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e ao mosaico comum (VMCF) e resistência intermediária à mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (Cultivar, 2002). A cultivar Ouro Negro, de grãos pretos e também recomendada para Minas Gerais, apresenta hábito de crescimento indeterminado com guias longas (tipo III), porte prostrado, ciclo normal, alta capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio, resistência à ferrugem e antracnose e tolerância ao frio (Informativo..., 1997).

TABELA 1. Resultados da análise química de amostras de material dos solos utilizados (camada 0 a 20 cm). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Características	Lavras	Madre de Deus de Minas	
	Plantio convencional	Plantio direto	Plantio convencional
pH em H ₂ O (1:2,5)	5,3 AcM	5,9 AcM	5,6 AcM
P mg dm ⁻³ (1)	15,0 B	5,2 Ba	0,9MBa
K mg dm ⁻³ (1)	61,0 M	98,0 B	39,0 Ba
Ca cmolc dm ⁻³ (2)	1,8 M	4,3 MB	2,3 M
Mg cmolc dm ⁻³ (2)	0,5 M	1,7 MB	1,3 B
Al cmolc dm ⁻³ (2)	0,2 Ba	0,0 MBa	0,0 MBa
H + Al cmolc dm ⁻³ (3)	4,5 M	3,2 M	4,0 M
SB (soma de bases) cmolc dm ⁻³	2,5 M	6,3 MB	3,7 B
t (CTC efetiva) cmolc dm ⁻³	2,7 M	6,3 B	3,7 M
T (CTC a pH=7,0) cmolc dm ⁻³	7,0 M	9,4 B	7,7 M
Saturação por alumínio (m) %	8,0 MBa	0,0M Ba	0,0 MBa
Saturação por bases (V) %	35,3 Ba	66,1 B	48,1 M
S mg dm ⁻³ (4)	44,8 MB	12,8 MB	10,8 MB
Matéria orgânica dag kg ⁻¹ (5)	1,8 M	2,1 M	2,2 M
Zn mg dm ⁻³ (1)	14,5 A	13,1 A	2,4 A
Fe mg dm ⁻³ (1)	42,0 B	78,9 A	89,2 A
Mn mg dm ⁻³ (1)	19,0 A	12,3 A	7,5 M
Cu mg dm ⁻³ (1)	3,7 A	1,9 A	2,6 A
B mg dm ⁻³ (6)	0,3 Ba	0,4 M	0,3 Ba

* Análises realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e interpretação de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 5ª. aproximação (Ribeiro et al., 1999). (1) Extrator Mehlich, (2) Extrator KCl 1 N, (3) Extrator SMP, (4) Extrator fosfato monocalcico em ácido acético, (5) Oxidação:Na₂Cr₂O₇ 4N+H₂SO₄ 10 N, (6) Extrator água quente, AcM=acidez média, MBa=muito baixo, Ba=baixo, M=médio, B=bom, MB=muito bom, A=alto.

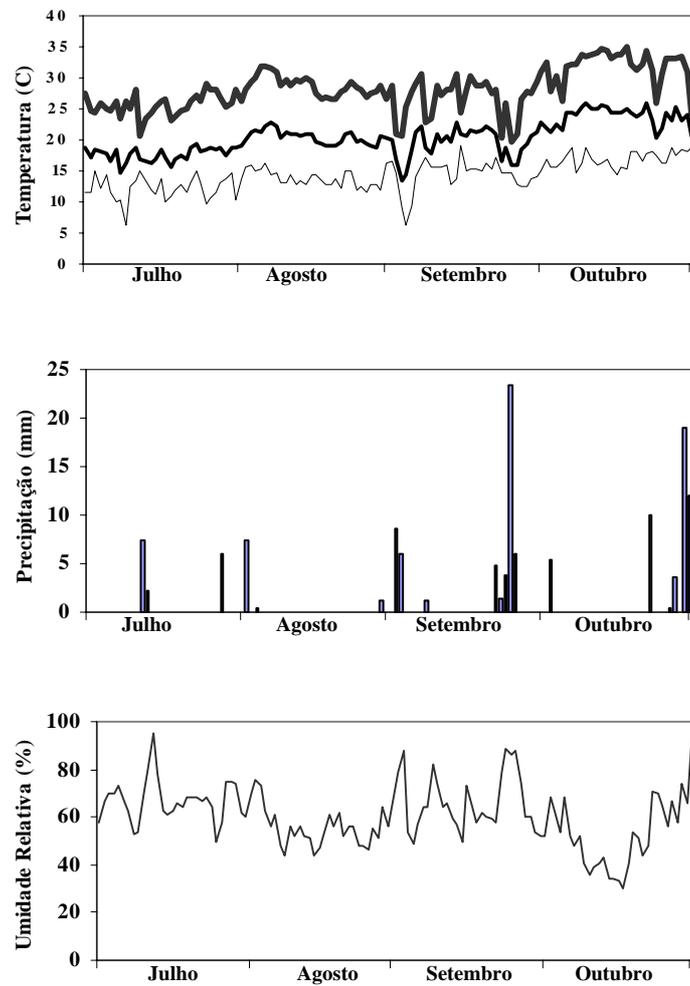


FIGURA 1. Variação diária das médias de temperaturas (máxima, média e mínima), precipitação pluvial e umidade relativa do ar no período de julho a outubro de 2002 (dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras, MG, situada no “campus” da UFLA, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET). UFLA, Lavras, MG, 2006.

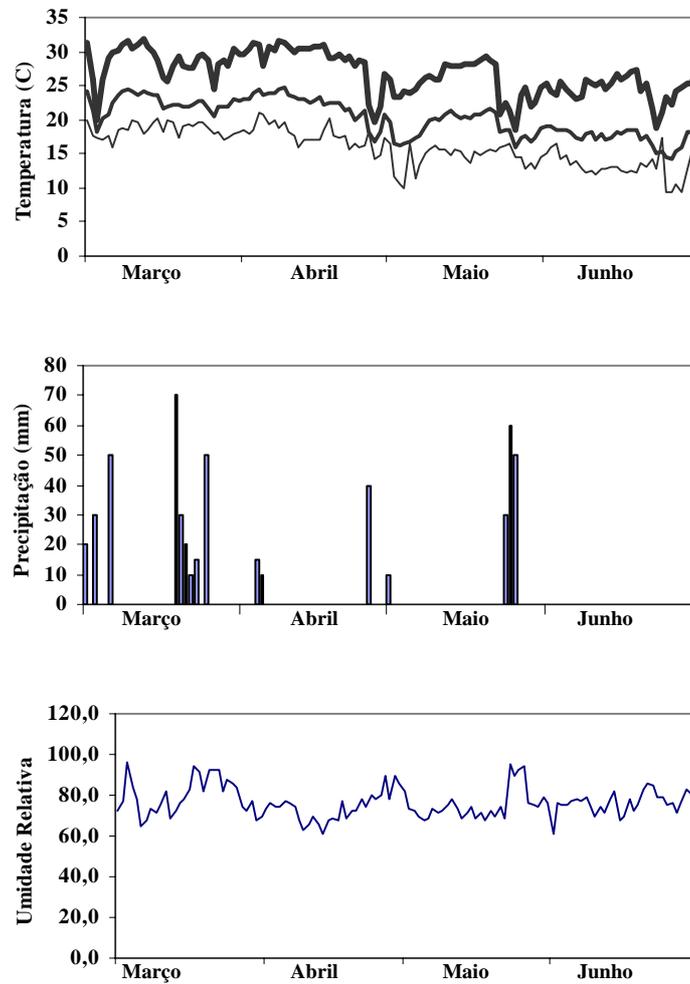


FIGURA 2. Variação diária das médias de temperaturas (máxima, média e mínima) e umidade relativa do ar (dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras, MG, situada no “campus” da UFLA, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET) e precipitação pluvial no período de março a junho de 2005 (dados coletados na propriedade). UFLA, Lavras, MG, 2006.

4.3 Delineamento estatístico, tratamentos e características avaliadas

No estudo dos efeitos das cultivares e dos sistemas de plantio sobre a altura de planta e acúmulo de matéria seca total da parte aérea, assumiu-se o delineamento estatístico de blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 2 x 2, envolvendo as duas cultivares (Ouro Negro e Talismã) e os dois sistemas de plantio (plantio direto e convencional).

No estudo do comportamento da altura e do acúmulo de matéria seca total ao longo do ciclo, o delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, com três repetições e onze tratamentos, ou épocas de coleta, no ensaio da cv. Ouro Negro em plantio convencional e doze épocas nos demais ensaios. A primeira coleta foi realizada aos 10 DAE para a cv. Ouro Negro em plantio direto, 12 DAE para a cv. BRS-MG Talismã em plantio direto, 5 DAE para a cv. Ouro Negro em plantio convencional e 7 DAE para a BRS-MG Talismã em plantio convencional. Em cada coleta, feita de sete em sete dias, foram amostradas dez plantas no ensaio de Lavras e vinte plantas nos demais ensaios, medindo-se a altura, desde o colo até a inserção da última folha trifoliolada completamente expandida. Outras vinte plantas foram também amostradas por meio de corte a 1 cm do solo, sendo posteriormente o material seco em estufa com circulação de ar a 65 °C a 70°C, até peso constante e, finalmente, pesado em balança de precisão, determinando-se, então, o peso da matéria seca total da planta, transformada em acúmulo de matéria seca total por hectare.

Além disso, as taxas de acúmulo de matéria seca foram taxas de acúmulo foram calculadas a partir das equações ajustadas para o acúmulo de macronutrientes.

4.4 Detalhes da implantação e condução dos experimentos

No plantio direto, os ensaios foram instalados sob palhada de milho, estimada em 3.817,6 kg ha⁻¹ por meio de três amostragens com um quadro com

0,25 m² de área. A dessecação foi realizada quinze dias antes do plantio, com 2,5 kg de Roundup WG® por hectare. No plantio convencional, em ambas as localidades, o preparo do solo constou de uma aração e uma gradagem pesada. Não foi feita a correção do solo, com exceção do experimento da cv. Ouro Negro em plantio convencional (Madre de Deus de Minas), no qual foram aplicadas 4 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico. A adubação de plantio foi 400 kg.ha⁻¹ do formulado 08-28-16 (32 kg.ha⁻¹ de N, 112 kg.ha⁻¹ de P e 64 kg.ha⁻¹ de K), em Lavras e 500 kg.ha⁻¹ do formulado 10-30-10 (50 kg.ha⁻¹ de N, 150 kg.ha⁻¹ de P e 50 kg.ha⁻¹ de K) + micronutrientes (0,5 kg.ha⁻¹ Zn e 0,06 kg.ha⁻¹ de B), em Madre de Deus. Ainda, em Madre de Deus de Minas, quando as plantas se encontravam no estágio V₃/V₄ (Fernandez et al., 1985), foram aplicados, via foliar, 150g.ha⁻¹ de molibdato de sódio e realizada a adubação de cobertura, aplicando-se mecanicamente 200 kg ha⁻¹ do formulado 30-00-10 (60 kg de N + 20 kg de K₂O) em sulcos laterais às linhas de plantio, com incorporação. No experimento de Lavras, a adubação de cobertura foi feita manualmente e constou de 30 kg ha⁻¹ de N, fonte uréia.

Em Lavras, a semeadura foi manual, adotando-se a densidade de 16 sementes por metro e parcelas de quatro linhas de 5 m de comprimento, sendo a área útil constituída pelas duas linhas centrais. Em Madre de Deus de Minas, foram utilizadas três glebas comerciais, semeadas mecanicamente com a densidade de 15 sementes por metro e as amostragens foram realizadas diretamente nos talhões. O espaçamento entre linhas foi sempre de 0,5 m.

Para controle das plantas daninhas, em Madre de Deus de Minas, foi aplicada uma mistura de 300 ml de Flex® + 1L de Podium + 500 ml de óleo mineral Attach por hectare, enquanto que em Lavras, o controle foi manual, com enxadas. Os demais tratamentos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região. Os ensaios instalados em Madre de Deus não receberam irrigação e o ensaio de Lavras foi irrigado por aspersão convencional, sempre que necessário.

Por se tratar de área comercial, nos ensaios instalados em Madre de Deus de Minas foram, adotados os mesmos procedimentos e tratos culturais utilizados pelo produtor.

4.5 Procedimentos estatísticos

Todos os dados foram submetidos à análise de variância, conforme os delineamentos adotados. Para a comparação entre as médias de cultivares e sistemas de plantio, foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No estudo da altura de planta e acúmulo de matéria seca total da parte aérea, os dados foram submetidos também à análise de regressão, com ajuste de curvas representativas da altura de planta e acúmulo de matéria seca ao longo do ciclo cultural. As épocas e as quantidades de matéria seca acumuladas, bem como a altura máxima alcançada pelas plantas, foram estimadas com base nos modelos ajustados. As curvas relativas à altura de planta dos ensaios instalados em Madre de Deus de Minas seguiram o modelo de regressão não linear logístico, enquanto que as demais curvas seguiram o modelo cúbico de regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Altura de planta

A análise de variância conjunta dos dados relativos à altura de planta é resumida na Tabela 2, onde se observa que esta característica se mostrou influenciada pelos sistemas de plantio e pela interação cultivares x sistemas. Observa-se, ainda, pelo valor do coeficiente de variação (CV%), que foi muito boa a precisão experimental, o que indica como adequada a amostragem realizada para esta característica.

TABELA 2. Resumo da análise de variância conjunta (quadrados médios) dos dados relativos à altura final de planta e acúmulo máximo de matéria seca total das cvs. Ouro Negro e BRS-MG Talismã, em plantio direto (PD) e convencional (PC). UFLA, Lavras, MG, 2006.

FV	GL	QM	
		Altura final	MS Total
Cultivar (C)	1	18,13	25644298,97**
Sistemas (S)	1	112,55**	29840,21
C X S	1	754,46**	2194956,40*
Bloco	2	62,68**	313830,03
Erro	6	3,52	335363,67
CV (%)		2,06	16,66

* Significativo, a 5%, pelo teste de F.

** Significativo, a 1%, pelo teste de F.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores médios da altura de planta das cvs. Ouro Negro e Talismã, nos dois sistemas de plantio. Como pode ser verificado, o comportamento das cultivares não foi consistente e foi diferenciado em função do sistema de plantio, o que resultou na significância da interação cultivar x sistemas. A cv. Ouro Negro apresentou maior altura no plantio direto (101 cm), enquanto a cv. Talismã cresceu mais no plantio convencional (97 cm).

As médias gerais das cultivares, entretanto, foram muito próximas (Tabela 3), da ordem de 90 a 92 cm.

TABELA 3. Valores médios da altura final de planta (cm) e acúmulo máximo de matéria seca total ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) das cvs. Ouro Negro (ON) e BRS-MG Talismã (T), em plantio direto (PD) e convencional (PC). UFLA, Lavras, MG, 2006.⁽¹⁾

Cultivar	Sistema	Altura final	MS Total
ON		90	2014
T		93	4938
	PD	94	3426
	PC	88	3526
ON	PD	101 a	1537
	PC	79 b	2492
T	PD	88 b	5316
	PC	97 a	4560
ON	PD	101 a	1537 b
T		88 b	5316 a
ON	PC	79 b	2492 b
T		97 a	4560 a
Média		91	3476

⁽¹⁾ Dentro de cada fator ou interação, médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

5.2 Curvas de crescimento em altura

As análises de variância dos dados relativos à obtenção das curvas de crescimento em altura de planta estão resumidas na Tabela 4. Além do efeito significativo da fonte de variação época de coleta, pode-se observar que os valores do coeficiente de variação (CV%) oscilaram entre 2,82% e 9,66%, indicando boa precisão experimental e adequada amostragem de plantas para esta característica, nos quatro experimentos.

TABELA 4. Resumo da análise de variância (quadrados médios) da altura de planta das cvs. Ouro Negro e BRS-MG Talismã, em plantio direto (PD) e convencional (PC), em função de épocas de coleta. UFLA, Lavras, MG, 2006.

FV	GL	QM			GL	QM	
		Ouro Negro PD	Talismã PD	Talismã PC		Ouro Negro PC	
Época	11	4683,81**	4555,01**	26,18**	10	2250,54**	
Bloco	2	31,22**	90,02**	4598,74	2	33,53*	
Erro	22	5,11	8,61	39,97	20	6,04	
CV (%)		2,82	4,09	9,66		4,53	

* Significativo, a 5%, pelo teste de F.

** Significativo, a 1%, pelo teste de F.

O comportamento da altura em função da época de amostragem é mostrado nas Figuras 3 a 6, nas quais se observa que também houve bom ajuste dos dados ao modelo de regressão não linear logístico (Figuras 3 a 5) ou cúbico (Figura 6).

No plantio direto, ambas as cultivares apresentaram incrementos significativos na altura de planta até aos 50 DAE, quando atingiram certa estabilidade (Figuras 3 e 4). A cv. Ouro Negro apresentou altura máxima de 109 cm e a cv. Talismã, de 100 cm. Estes resultados, de certa forma, são compatíveis com os encontrados por Brandes et al. (1972), segundo os quais a maior altura de planta também foi encontrada aos 50 DAE em plantios com densidades de 125 e 250 mil plantas.ha⁻¹.

No sistema convencional, a cv. Ouro Negro alcançou a altura máxima de 73 centímetros aos 40 DAE e, a partir daí, estabilizou-se, paralisando o crescimento em altura (Figura 5). Neste mesmo sistema, a cv. Talismã somente atingiu um ponto de máximo de 110 cm aos 72 DAE e apresentou, nos estádios finais, ligeiro decréscimo (Figura 6). Este último comportamento foi o que mais se aproximou dos encontrados na literatura clássica sobre o comportamento do acúmulo de matéria seca ao longo do ciclo cultural do feijoeiro (Gallo &

Miyasaka, 1961; Cobra Netto, 1967; Haag et al., 1967), justamente pelo fato de apresentar este decréscimo final. Certamente, esta diferença de comportamento não pode ser creditada somente ao fator cultivar, pois foram diferentes as condições de solo (Tabela 1) e clima (Figuras 1 e 2). Entretanto, algumas características das cultivares, como ciclo, porte e arquitetura poderiam estar envolvidas.

Nota-se que, em geral, as plantas apresentaram altura máxima entre 100 e 109 centímetros, exceto a cultivar Ouro Negro em plantio convencional. Esta diferença em altura pode ser atribuída ao fato de que o respectivo experimento foi instalado em gleba de primeiro ano, situação na qual, geralmente, as plantas crescem menos. Algumas diferenças de fertilidade do solo podem ser observadas na Tabela 1.

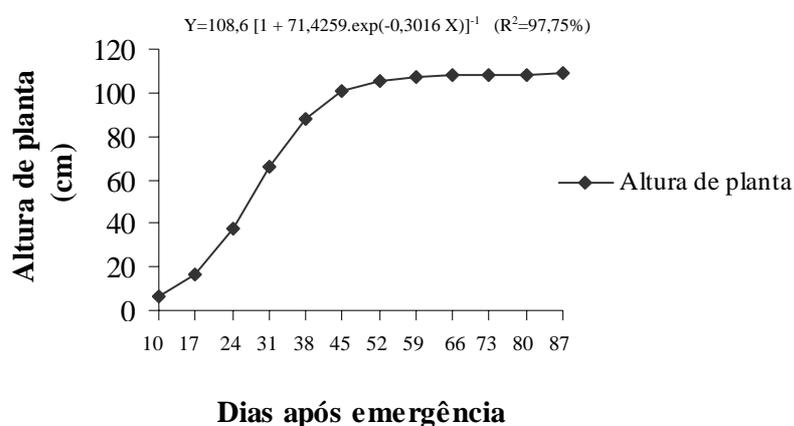


FIGURA 3. Altura de planta, em função de dias após emergência em plantio direto, cv. Ouro Negro. Madre de Deus de Minas, seca 2005. UFLA, Lavras, MG, 2006.

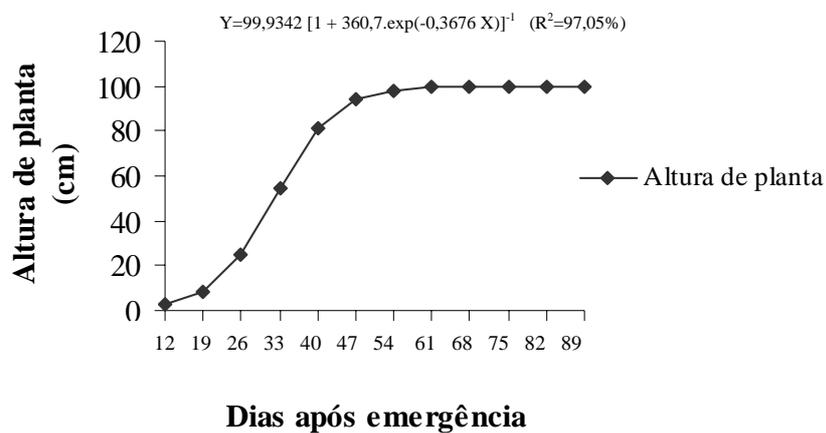


FIGURA 4. Altura de planta, em função de dias após emergência em plantio direto, cv. BRS MG Talismã. Madre de Deus de Minas, seca 2005. UFLA, Lavras, MG, 2006.

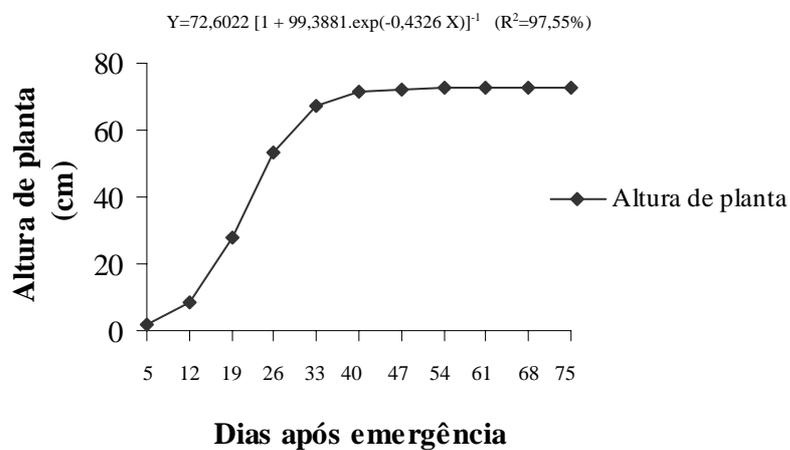


FIGURA 5. Altura de planta, em função de dias após emergência em plantio convencional, cv. Ouro Negro. Madre de Deus de Minas, seca 2005. UFLA, Lavras, MG, 2006.

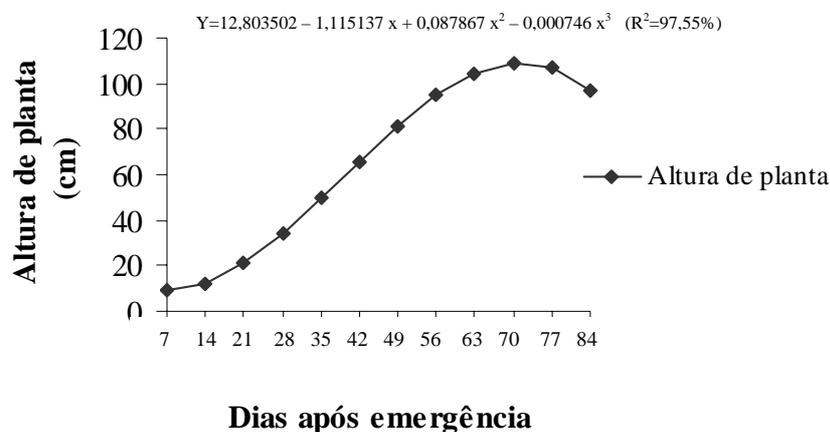


FIGURA 6. Altura de planta, em função de dias após emergência em plantio convencional, cv. BRS MG Talismã. Lavras, inverno-primavera 2002. UFLA, Lavras, MG, 2006.

5.3 Acúmulo de matéria seca da parte aérea total

A análise de variância conjunta dos dados relativos ao acúmulo máximo de matéria seca foi apresentado na Tabela 2, onde se verifica que esta característica foi influenciada pelas cultivares de feijoeiro, com registro de significância também para a interação cultivares x sistemas de plantio (Tabela 2). Analisando-se o valor do CV (16,7%), pode-se inferir que a precisão experimental também foi satisfatória neste caso.

Tanto no plantio direto como no sistema convencional, a cv. Talismã produziu mais matéria seca que a cv. Ouro Negro. Na mesma tabela observa-se que as cvs. Talismã e Ouro Negro produziram, em média, 4.938 e 2.014 kg.ha⁻¹ de matéria seca total da parte aérea, respectivamente, com média geral de 3.476 kg.ha⁻¹ de matéria seca total. O valor bem inferior do acúmulo de matéria seca por parte da cv. Ouro Negro foi grandemente influenciado pelo desempenho no plantio direto em Madre de Deus de Minas (Tabela 3), por tratar-se de área em

seu primeiro ano de incorporação ao processo produtivo e, por esta razão, com o solo ainda desbalanceado nutricionalmente (Tabela 1).

5.4 Curvas de acúmulo de matéria seca

A análise de variância dos dados relativos à obtenção das curvas de acúmulo de matéria seca total da parte aérea está resumida na Tabela 5. Em geral, pode-se observar que os valores do coeficiente de variação (CV%) indicaram boa precisão experimental. Todas as características avaliadas mostraram efeito das épocas de coleta, em ambas as cultivares e nos dois sistemas de plantio (Tabela 5).

TABELA 5. Resumo da análise de variância (quadrados médios) do acúmulo de matéria seca total das cvs. Ouro Negro e BRS-MG Talismã, em plantio direto (PD) e convencional (PC), em função de épocas de coleta. UFLA, Lavras, MG, 2006.

FV	GL	QM			GL	QM
		Ouro Negro PD	Talismã PD	Talismã PC		Ouro Negro PC
Época	11	14772592,66**	204269,91**	53776,25**	10	2279327,15**
Bloco	2	67760,44	183,24	381,71	2	286012,29*
Erro	22	73959,99	1736,68	740,57	20	60427,02
CV (%)		8,52	9,19	14,87		16,59

* Significativo, a 5%, pelo teste de F.

** Significativo, a 1%, pelo teste de F.

5.4.1 Cv. Ouro Negro em plantio direto

No plantio direto, a cv. Ouro Negro apresentou incrementos pouco significativos de matéria seca total até os 24 DAE (Figura 7). Segundo Brandes (1971) e Lopes et al. (1983), até o 20º DAE há pequeno acúmulo de matéria seca, a partir do qual há um incremento acentuado da massa foliar, que pode perdurar por até 30 dias.

O ponto de máximo acúmulo de matéria seca total se deu aos 76 DAE, quando acumularam-se $5.670 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Figura 7). Este resultado foi bastante semelhante aos encontrados por Jauer et al. (2003), em que três das cultivares estudadas do tipo III apresentaram, em todas as densidades de semeadura, máximo acúmulo variando entre $6.926,0$ e $6.931,7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de matéria seca aos 75 DAE. Segundo os mesmos autores, esse pico coincide com o período de pleno enchimento de grãos, quando estes representam 55% do peso total da planta e, no fim do ciclo, há ligeiro decréscimo de matéria seca total, representada pela abscisão e queda das folhas, principalmente a partir dos 80 DAE, o que também ocorreu no presente trabalho (Figura 7).

A maior taxa de acúmulo de matéria seca foi obtida aos 45 DAE, quando este acúmulo representava $132,91 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ (Figura 8), valor quase duas vezes maior do que os encontrados em trabalhos realizados por Rosolem (1987).

5.4.2 Cv. BRS-MG Talismã em plantio direto

Da mesma forma que a Ouro Negro, a cv. Talismã, em plantio direto, apresentou incrementos de matéria seca pouco significativos até por volta de 23 DAE (Figura 9). Este fato indica que, até este momento essas duas cultivares, no sistema de plantio em questão, apresentaram comportamento bastante semelhante. Entretanto, a cv. Talismã apresentou um ciclo cultural ligeiramente maior, atingindo o ponto de máximo acúmulo de matéria seca mais tardiamente, em relação à cv. Ouro Negro, aos 80 DAE, a partir do qual apresentou ligeiro declínio até o final do ciclo (Figura 9). Neste ponto, a cv. Ouro Negro apresentou um acúmulo de $5.028 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, resultado este bastante inferior aos encontrados por Andrade et al. (2005), estudando esta mesma cultivar, em plantio convencional.

Aos 48 DAE, foi detectada a maior taxa de acúmulo de matéria seca (Tabela 10), corroborando com os resultados encontrados por Rosolem (1987). Neste ponto, a taxa encontrada foi de 115,29 kg.ha⁻¹.dia⁻¹.

5.4.3 Cv. Ouro Negro em plantio convencional

Em plantio convencional, a cv. Ouro Negro apresentou-se mais precoce que no sistema de plantio direto, no que diz respeito ao ciclo cultural. Porém, o ponto de máximo acúmulo de matéria seca ocorreu já em plena época da colheita, os 75 DAE (Figura 11). Este resultado é bastante semelhante aos encontrados por Andrade et al. (2005), estudando esta mesma cultivar também em plantio convencional. Neste ponto, houve um acúmulo de 2.577 kg.ha⁻¹, sendo cerca de 4 vezes menor que os encontrados por este mesmo autor.

A taxa de máximo acúmulo de matéria seca foi encontrada aos 3 DAE (Figura 12), quando alcançou 44,90 kg.ha⁻¹.dia⁻¹. Este resultado não coincide com os encontrados nos demais ensaios e por outros autores (Rosolem, 1987; Jauer et al., 2003), já que, particularmente, apresentou uma máxima taxa logo no início do ciclo, decaindo com o decorrer deste.

5.4.4 Cv. BRS-MG Talismã em plantio convencional

Em plantio convencional, da mesma forma que no plantio direto, a cv. Talismã apresentou crescimento lento até por volta dos 21 DAE, acentuando-se em seguida, até alcançar um máximo acúmulo de matéria seca total aos 81 DAE (Figura 13), quando alcançou 4.354 kg.ha⁻¹. Este resultado é equivalente a aproximadamente, metade do encontrado por Andrade et al. (2005), estudando esta mesma cultivar, também em plantio convencional.

Aos 45 DAE, foi encontrada a maior taxa de acúmulo de matéria seca total, representando 87,93 kg.ha⁻¹.dia⁻¹ (Figura 14). Este resultado é cerca de

30% superior aos encontrados por Rosolem (1987), estudando a cv. Carioca e por Jauer et al. (2003), estudando a cv. Pérola.

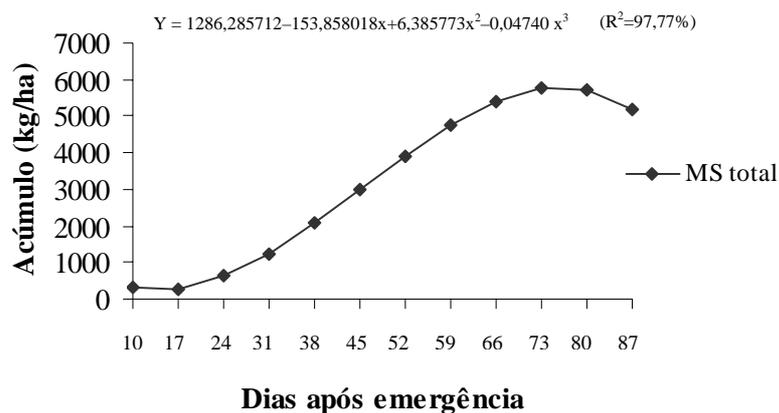


FIGURA 7. Acúmulo de matéria seca total ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em função de dias após emergência em plantio direto, cv. Ouro Negro. Madre de Deus de Minas, seca 2005. UFLA, Lavras, MG, 2006.

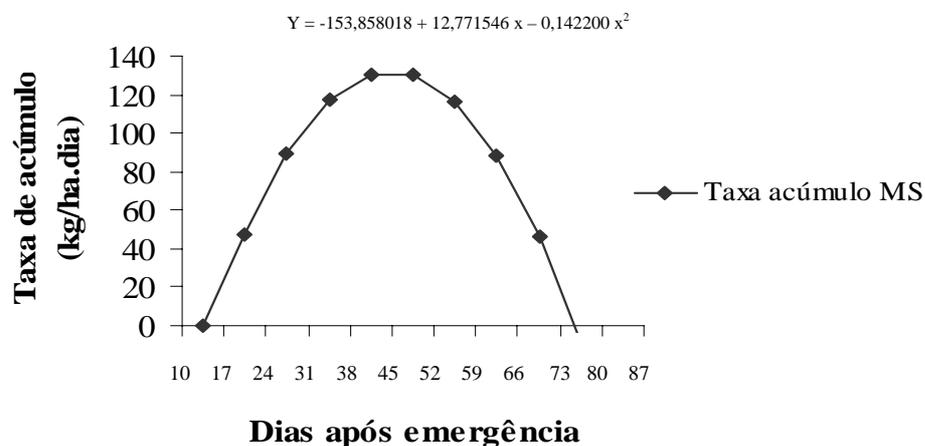


FIGURA 8. Taxa de acúmulo de matéria seca total ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$), em função de dias após emergência em plantio direto, cv. Ouro Negro. Madre de Deus de Minas, seca 2005. UFLA, Lavras, MG, 2006.

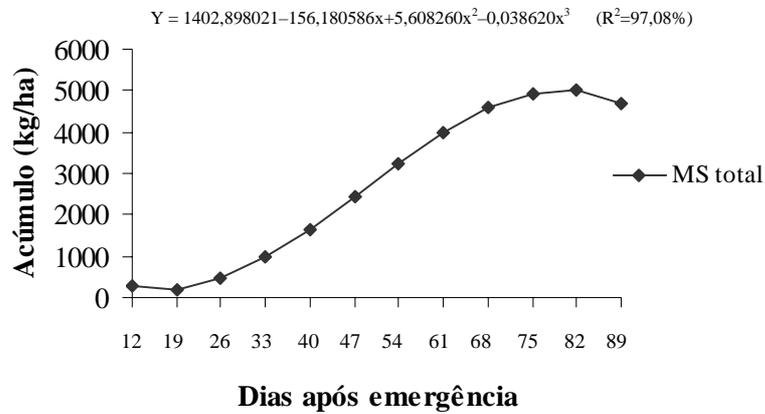


FIGURA 9. Acúmulo de matéria seca total (kg.ha⁻¹), em função de dias após emergência em plantio direto, cv. BRS MG Talismã. Madre de Deus de Minas, seca 2005. UFLA, Lavras, MG, 2006.

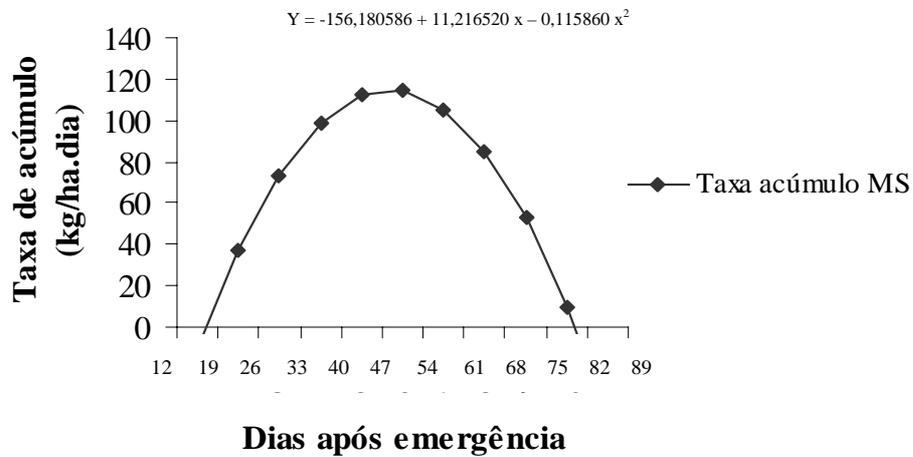


FIGURA 10. Taxa de acúmulo de matéria seca total (kg.ha⁻¹.dia⁻¹), em função de dias após emergência em plantio direto, cv. BRS-MG Talismã. Madre de Deus de Minas, seca 2005. UFLA, Lavras, MG, 2006.

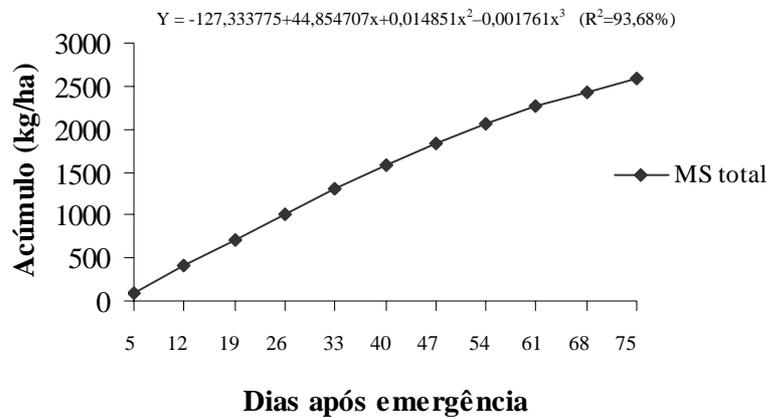


FIGURA 11. Acúmulo de matéria seca total (kg.ha⁻¹), em função de dias após emergência em plantio convencional, cv. Ouro Negro. Madre de Deus de Minas, seca 2005. UFLA, Lavras, MG, 2006.

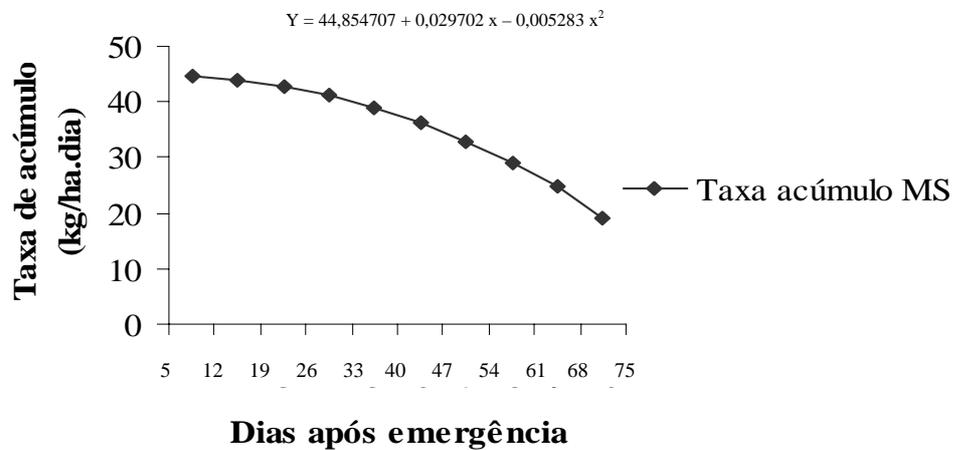


FIGURA 12. Taxa de acúmulo de matéria seca total (kg.ha⁻¹.dia⁻¹), em função de dias após emergência em plantio convencional, cv. Ouro Negro. Madre de Deus de Minas, seca 2005. UFLA, Lavras, MG, 2006.

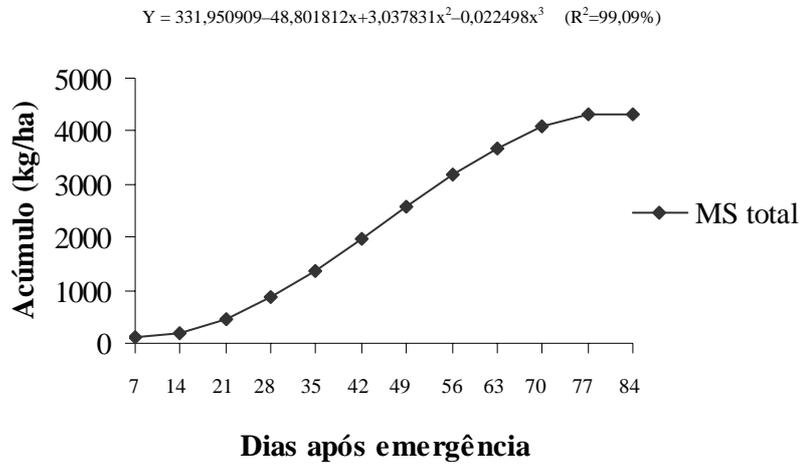


FIGURA 13. Acúmulo de matéria seca total ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em função de dias após emergência em plantio convencional, cv. BRS MG Talismã. Lavras, inverno-primavera 2002. UFLA, Lavras, MG, 2006.

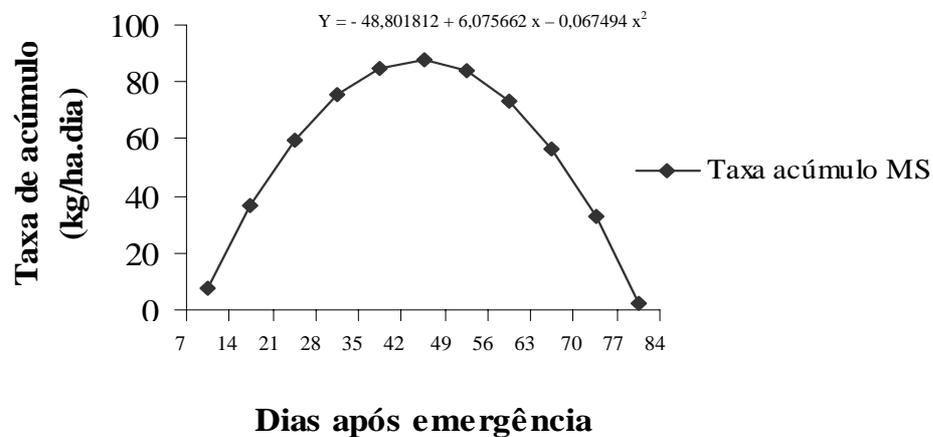


FIGURA 14. Taxa de acúmulo de matéria seca total ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$), em função de dias após emergência em plantio convencional, cv. BRS-MG Talismã. Lavras, inverno-primavera 2002. UFLA, Lavras, MG, 2006.

6 CONCLUSÕES

Os efeitos das cultivares e dos sistemas de plantio sobre a altura final das plantas e sobre o acúmulo máximo da matéria seca não foram consistentes e se mostraram mascarados pela fertilidade dos solos em questão.

As curvas de crescimento em altura mostraram que, em plantio direto, a altura máxima foi alcançada aos 50 DAE, enquanto que no plantio convencional o feijoeiro continuou crescendo até os 72 e 73 DAE, ocorrendo fechamento mais tardio da lavoura.

As cvs. Ouro Negro e Talismã mostraram padrões de acúmulo de matéria seca muito próximos, com pouco incremento até os 21 a 24 dias após emergência. O máximo acúmulo ocorreu entre 75 e 76 DAE, na cv. Ouro Negro e 80 e 81 DAE, na Talismã, alcançando maiores acúmulos em plantio direto.

As maiores taxas de acúmulo de matéria seca foram verificados entre 45 a 48 DAE, com exceção da cv. Ouro Negro, em plantio convencional, ensaio que também apresentou menor taxa de acúmulo em relação aos demais.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L.D.; BULISANI, E.A. Técnicas para aumentar a rentabilidade do feijoeiro. **Correio Agrícola** (Bayer), São Paulo, v. 1, p. 236-243, 1980.

ANDRADE, C.A.B. et al. Produção de matéria seca total, taxa de crescimento absoluto e taxa de crescimento relativo de duas cultivares de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 2005. p.835-837.

BRANDES, D. **Análise de crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), efeito da densidade e da época de plantio.** 1971. 109 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BRANDES, D. et al. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). I. Mudanças morfológicas e produção de matéria seca. **Experientiae**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 1-49. jul. 1972.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicos** (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro). Brasília: MARA, 1992. 84 p.

BULISANI, E.A. **Crescimento e absorção de nutrientes em cinco cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** 150p. 1994. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queros, Piracicaba, SP.

COBRA NETTO, A. **Nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** 1967. 91 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queros, Piracicaba, SP.

CULTIVAR de feijão Talismã. Sete Lagoas: UFLA/UFV/Embrapa/Epamig, 2002. Folder

EMERSON, R.A. A genetic study of plant height in *Phaseolus vulgaris*. **Nebraska Agricultural Experimental Station Research**, 1916. (Bulletin, 7).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, 1999. 412 p.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. **Frijol, investigación y producción.** Colômbia: CIAT, 1985. p. 61-80.

GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. **Bragantia**, Campinas, v.20, n.40, p. 867-884, set. 1961.

GOMES, A.A. et al. Acumulação de biomassa, característica fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1927-1937, Out. 2000.

HAAG, H.P. et al. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.26, n. 30, p. 380-391, set. 1967.

HAMMOND, L.D.; KIRKHAM, D. Growth curves of soybean and corn. **Agronomy Journal**, v. 41, p. 23-29. 1949.

INFORMATIVO anual das comissões Técnicas regionais de feijão: cultivares de feijão recomendadas para o plantio no ano agrícola 1997/98. Goiânia: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Goiânia, 1997. n. 5, 29 p.

JAUER, A. Análise de crescimento da cultivar de feijão Pérola em quatro densidades de semeadura. **Revista da Fac. de Zootecnia, Veterinária e Agronomia de Uruguiana**, v. 10, p. 101-113, jul. 2003.

KUENEMAN, E.A.; WALLACE, D.H.; LUDFORD, P.M. Photosynthetic measurements of field-grown dry beans and their relation to selection for yield. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 104, n. 4, p. 480-482, 1979.

LAVRAS. Prefeitura Municipal de Lavras. Secretaria de indústria, comércio, serviços e tecnologia. **Conheça Lavras**. Lavras, 1993. 97 p.

LOCALIZAÇÃO geográfica. Disponível em: <www.citybrasil.com.br>. Acesso em: 08 jan. 2006a.

LOCALIZAÇÃO geográfica. Disponível em: <www.funder.com.br>. Acesso em: 08 jan. 2006b.

LOPES, N.F. et al. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. **Revista Ceres**, v.30, p. 451-462, 1983.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento In: FERRI, M.G. (Coord.) **Fisiologia vegetal V1**. fisiologia vegetal. São Paulo: EPV/USP, 1979. p.331-349.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.;V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-307.

ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 91 p. (Boletim Técnico, 8).

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE MINAS GERAIS. Sebrae-MG. **Lavras**: diagnóstico municipal. Belo Horizonte, 1998. 179 p.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 55-59, 1966.

STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 521-533, 1994.

TELES NETO, M.S. **Feijão**: caracterização fitotécnica, extração e exportação de macronutrientes. 2001. 84 p. Dissertação (Mestre em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

XAVIER, F.E. **Análise de crescimento de 4 cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em duas épocas de plantio em Viçosa, Minas Gerais**. 1976. 26 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CAPÍTULO III
MARCA DE ABSORÇÃO, EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE
MACRONUTRIENTES, NAS Cvs. BRS-MG TALISMÃ E OURO
NEGRO, EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL

1 RESUMO

VIEIRA, Neiva Maria Batista. Marcha de absorção, extração e exportação de macronutrientes nas cultivares BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional. In:_____. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes nas cultivares BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional**. 2006. Cap. 3, p. 59-103. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Com o objetivo de estudar o teor, o acúmulo, a marcha de absorção e a exportação de macronutrientes ao longo do ciclo cultural do feijoeiro, foram conduzidos quatro experimentos de campo, com as cvs. Ouro Negro e Talismã, em plantio direto e convencional. Um experimento foi conduzido em Lavras, em Latossolo Vermelho Distroférico típico, na safra do inverno primavera 2002 e os outros três em Madre de Deus de Minas, em Latossolo Vermelho Amarelo árido, na safra da seca 2005. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições e 11 ou 12 tratamentos ou épocas de coleta. Semanalmente, foram amostradas 20 plantas, das quais a parte aérea foi, inicialmente, separada em haste, folhas, flores + vagens e grãos e, posteriormente, secas em estufa com circulação de ar a 65 °C a 70°C, até peso constante. Após trituradas, foram enviadas ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Ciências do Solo da UFLA, para a determinação do teor de macronutrientes: N pelo método Kjeldahl; P, K, Ca, Mg, S pela digestão com ácido nítrico e perclórico e determinados no extrato (P-colorimetria, K-fotometria de chama; S-turbidimetria; Ca, Mg-espectrofotometria de absorção atômica). Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, com ajuste de curvas representativas do comportamento das características avaliadas. Os teores foliares médios de macronutrientes e as suas quantidades extraídas situaram-se nas faixas consideradas normais, exceto no caso do S, que situou-se bem abaixo. A ordem decrescente de extração foi N > K > Ca > Mg > P > S, enquanto a de exportação foi N > K > Ca > P > Mg > S. As extrações de N, P, K

*Comitê Orientador: Messias José Bastos de Andrade – UFLA (Orientador), Janice Guedes de Carvalho – UFLA e Augusto Ramalho de Moraes – UFLA.

e Mg foram superiores no plantio direto, sistema em que o feijoeiro apresentou também maiores exportações de N, P, K e S. A cv. Talismã apresentou maior extração e maior exportação de Ca que a cv. Ouro Negro, a qual mostrou maior teor foliar de K. Os macronutrientes N, P, K, Mg e S foram absorvidos até os 70 a 80 dias após emergência, enquanto o Ca foi absorvido até os 59 dias. A maior taxa de absorção de Ca ocorreu dos 29 aos 37 dias após a emergência. No caso dos demais macronutrientes, ela ocorreu entre 42 e 47 dias, exceto o S, o qual apresentou maior amplitude.

2 ABSTRACT

VIEIRA, Neiva Maria Batista. Macronutrients absorption, exportation and absorption march in bean cvs. BRS-MG Talismã and Ouro Negro cultivated in no-tillage and conventional crop system. In:_____. **Growth and nutrients absorption march in bean cvs. BRS-MG Talismã and Ouro Negro cultivated in no-tillage and conventional crop system.** 2006. Cap. 3, p. 59-103 Dissertation (Master Agronomia/Crop Science)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The objective of this research was study the content, accumulation, absorption march and exportation of macronutrients along the bean crop cycle. An experiment was set up in Lavras, MG, during the winter - spring 2002 crop season over a dystrophic red oxisol and other three were performed in Madre de Deus de Minas, MG, on the dry crop season of 2005 over a yellow-red anionic oxisol using bean of cvs. Ouro Negro and Talismã cultivated in no-tillage and conventional crop systems. Twenty plants had been sampled weekly and decomposed in stems, leaves, flowers + snap and grains which were oven dried (65 – 70°C with forced air circulation) until constant mass, soon after they had been triturated and sent to the Laboratory of Leaf Analysis of the Soil Science Department (UFLA) for determination of the macronutrients content. N content was evaluated by Kjeldahls method while P, K, Ca, Mg, S were extracted by digestion by nitric and percloric acid and quantified in the extract (P-colorimetrically, K- flame photometry; S-turbidimetry; Ca, Mg-espectrophotometry of atomic absorption). The experiments were carried out in a randomized blocks design with three replications and 11 or 12 treatments or sampling times. The data were treated with a variance and regression analysis and representative curves of the evaluated variables were fitted and adjusted. The average macronutrients content and their absorption amount were considered at normal levels, except for S that was lower than the normal values. The decreasing order of absorption was N> K> Ca> Mg> P> S, while the one of exportation was N> K> Ca> P> Mg> S. The extractions of N, P, K and Mg were higher in the no-tillage crop system that also presented larger exports of N, P, K and S. Talismã was the cultivar that presented a higher absorption and exportation of Ca while cv. Ouro Negro showed greater K leaf content. The macronutrients N, P, K, Mg and S were absorbed until the 70-80 DAE (Days After Emergence), while Ca was absorbed until the day 59 and the highest absorption rate of Ca was observed by the 29 to the 37 DAE whereas the other

* Guidance Committee: Messias José Bastos de Andrade – UFLA (Adviser), Janice Guedes de Carvalho – UFLA and Augusto Ramalho de Morais – UFLA.

macronutrients were absorbed between 42 and 47 DAE, except S, which presented a larger range in this dates.

3 INTRODUÇÃO

O feijoeiro é considerado uma espécie exigente em nutrientes, o que pode ser creditado ao seu sistema radicular superficial e ao seu reduzido ciclo cultural (Rosolem, 1987; El-Husny, 1992; Rosolem & Marubayashi, 1994; Fageria & Souza, 1995).

Analisando os resultados disponíveis sobre as exigências nutricionais do feijoeiro, ou seja, da absorção de nutrientes em função da idade da planta (Gallo & Miyasaka, 1961; Haag et al., 1967; Cobra Netto et al., 1971) e outras publicações a respeito (Rosolem, 1987; Moraes, 1988; Rosolem & Marubayashi, 1994), verifica-se que a absorção de nutrientes segue a curva de crescimento, o que, por sua vez, remete à constatação de que a maior exigência nutricional se dá no período que antecede o maior crescimento da cultura. Moraes (1988) situou essa máxima exigência nutricional entre os 15-20 DAE e 50 DAE, apesar de salientar a importância da adequada disponibilidade de nutrientes logo após a germinação, imprescindível ao adequado estabelecimento da cultura. Diferenças encontradas entre os trabalhos disponíveis foram, por este último autor, creditadas, principalmente, aos diferentes ciclos culturais das cultivares utilizadas para os respectivos estudos, sendo de extrema importância, em trabalhos desta natureza, trabalhar com cultivar de alto potencial produtivo e de boa aceitação no mercado.

Segundo El-Husny (1992), a extração de macronutrientes pelo feijoeiro cv. Carioca obedece à seguinte ordem decrescente: N, K, Ca, Mg, S e P. A grande maioria dos trabalhos concorda quanto aos nutrientes mais extraídos pelo feijoeiro: o N e o K, seguidos do Ca e, depois do S, Mg e P (Haag et al., 1967; Cobra Netto et al., 1971; Malavolta & Lima Filho, 1997; Garrido et al., 2000).

Já Teles Neto (2001) encontrou a seguinte seqüência decrescente de extração: K, N, Ca, Mg, S e P.

Quanto à exportação, a maioria dos trabalhos concorda que os nutrientes mais exportados pelo feijoeiro são N e K (Galo & Miyasaka, 1961; Haag et al., 1967; Cobra Netto et al., 1971; Mafra et al., 1974; El-Husny, 1992; Malavolta & Lima Filho, 1997), seguidos pelo S (Haag et al., 1967, Cobra Netto et al., 1971; Malavolta & Lima Filho, 1997) ou P (Galo & Miyasaka, 1961; Mafra et al., 1974; El-Husny, 1992). De acordo com Haag et al. (1961), Cobra Netto et al. (1971), Mafra et al. (1974) e El-Husny (1992), o Mg é o macronutriente menos exportado. Estudos realizados por Teles Neto (2001) relatam a seguinte ordem decrescente de exportação: K, Ca, N, Mg, S e P.

Malavolta & Amaral (1978), em estudo envolvendo 104 cultivares de feijoeiro, concluíram que a produção se correlaciona de modo altamente significativo com a eficiência de utilização de N, P e K, e sugerem a utilização deste parâmetro, inclusive, no melhoramento genético da espécie.

Almeida & Bulisani (1980), trabalhando com a cv. Carioca, mostraram que o feijoeiro apresenta uma absorção crescente de N a partir dos 20 DAE, ao passo que a absorção de P é muito baixa até os 10 dias após germinação e que, após este período, a taxa de absorção de K desenvolve-se muito pouco. Oliveira & Dantas (1988) confirmaram estes resultados com o caupi, afirmando que a taxa de absorção de K é semelhante à do P, muito baixa nas duas primeiras semanas, e acrescentaram que a mesma cresce gradualmente até atingir seu ponto máximo entre 40 e 50 DAE em cultivares de porte determinado (ciclo curto) e entre 75 e 90 DAE nas de porte indeterminado (ciclo longo), o que coincide com o período de floração.

Brito (1992) afirmou que o acúmulo de matéria seca e de N absorvido pela cv. Carioca aumenta significativamente a cada etapa do ciclo cultural, sendo maior no período de enchimento de vagens e maturação fisiológica, entre

47 e 78 DAE. Caballero et al. (1985) verificaram que a absorção máxima de nitrogênio vai até, aproximadamente, 80 DAE, o que está de acordo com Rosolem (1987), que relata aumento no peso de 100 sementes na cv. Carioca com a aplicação de nitrogênio após o florescimento da cultura.

Segundo Arf et al. (1999), a absorção de N pela cv. Carioca ocorre durante todo o ciclo da cultura, mas, a época em que a velocidade de absorção é máxima acontece dos 35 aos 50 DAE. Na cv. Chumbinho Opaco, este período foi de 33 a 44 DAE, com cerca de 2,46 kg de N ha⁻¹ dia⁻¹ (Gallo & Miyasaka, 1961), enquanto que Boaretto & Rosolem (1989) encontraram a máxima velocidade de absorção de N pelo feijoeiro durante o estágio de florescimento da cultura.

Em relação ao P, a maior velocidade de absorção dá-se dos 30 aos 55 DAE, compreendendo o período do aparecimento dos botões florais até o final do florescimento, acentuando-se ainda mais entre 45 e 55 dias, época em que começa a formação das vagens, ocasião em que o feijoeiro cv. Carioca absorve cerca de 0,21 kg de P ha⁻¹ dia⁻¹ (Rosolem, 1987). No período de 33 a 44 dias, Gallo & Miyasaka (1961) determinam absorção de 0,27 kg de P ha⁻¹ dia⁻¹ na cv. Chumbinho Opaco. Rosolem (1987) comenta que, até os 55 dias, a maior quantidade de fósforo absorvido localiza-se nas folhas e que, a partir deste período, é aparente certa translocação do nutriente para as vagens.

A maior demanda de K pelo feijoeiro ocorre entre 25 e 35 DAE, período de diferenciação dos botões florais, quando a absorção média é de 1,69 kg de K ha⁻¹ dia⁻¹ e entre 45 e 55 dias, correspondendo ao final do florescimento, com demanda média de absorção de 3,29 kg de K ha⁻¹ dia⁻¹ (Rosolem, 1987). No período de 33 a 44 dias, Gallo & Miyasaka (1961) relatam uma demanda de 2,17 kg de K ha⁻¹ dia⁻¹ na cv. Chumbinho Opaco. Segundo Rosolem (1996), a quase totalidade do K é absorvida pelo feijoeiro até 40 a 50 DAE.

O Ca atinge seu ponto máximo de absorção entre 10 e 15 DAE, tanto em plantas de porte determinado como indeterminado. Segundo Oliveira & Dantas (1988), no caupi e Haag et al (1967), no feijoeiro comum, a absorção máxima de cálcio ocorre em torno dos 50 DAE, o que coincide com a afirmação de Rosolem (1987) de que absorção de cálcio ocorre intensamente dos 27 aos 55 dias, compreendendo o período de diferenciação floral até o final do florescimento, fase em que a absorção média é de 1,52 kg de Ca ha⁻¹ dia⁻¹.

Para Oliveira e Dantas (1988), em caupi, o Mg atinge seu ponto máximo de absorção entre 10 e 15 DAE, tanto em plantas de porte determinado como indeterminado, enquanto que Haag et al. (1967) encontraram a máxima absorção de Mg em torno dos 70 DAE na cv. Chumbinho Opaco (*Phaseolus vulgaris* L.).

O S tem sua velocidade de absorção relativamente alta desde os 25 DAE atingindo, na cv. Carioca, máxima absorção no final do florescimento, ocasião em que chega, aproximadamente, a 0,80 kg de S ha⁻¹ dia⁻¹ (Rosolem, 1987). Dantas et al. (1979) concluíram que o S é absorvido pelo feijão caupi durante todo seu ciclo, atingindo o ponto máximo no período de floração e formação de vagens. Haag et al. (1967), com a cv. Chumbinho Opaco, observaram que a absorção máxima ocorre em torno dos 70 DAE.

Malavolta et al. (1997) afirmou que o enchimento das vagens do feijoeiro deve ocorrer, em parte, pela redistribuição do conteúdo de N, P e K existente nas folhas, cujo teor diminui. O mesmo comportamento, de forma surpreendente, ocorre também com o Ca, em geral tido como imóvel no floema. Já os teores foliares de Mg e S não variam substancialmente, segundo aquele autor.

O objetivo do presente trabalho foi estudar o teor, o acúmulo, a marcha e a taxa de absorção, e a exportação de macronutrientes pelo feijoeiro cvs. BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Clima e solo

O estudo constou de quatro experimentos de campo. O primeiro deles, conduzido com a cv. Talismã em sistema convencional, foi instalado em área do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em um Latossolo Vermelho Distroférico típico (Embrapa, 1999), na safra do inverno-primavera de 2002. Lavras situa-se na região sul de Minas Gerais, a 21°14' de latitude Sul e 45°00' de longitude Oeste (Brasil, 1992), com níveis altimétricos entre 822 e 1259 m em relação ao nível do mar e topografia caracterizada pela dominância de um relevo colinoso (Sebrae, 1998). Seu clima encontra-se no limite entre Cwb e Cwa, caracterizando clima temperado a temperado subtropical com inverno seco, segundo a descrição de Köppen (Lavras, 1993). A temperatura média do mês mais quente é de 26,1°C e do mês mais frio, 14,8°C, com média anual de 19,4°C. A precipitação anual é de 1.529,7 mm, com cerca de 70% desse total concentrados entre novembro e março. A evaporação total do ano é, em média, de 1.034,3 mm, e a umidade relativa média anual do ar é de 76,2% (Brasil, 1992).

Os outros três ensaios foram instalados na Fazenda Ouro Fino, município de Madre de Deus de Minas, em um Latossolo Vermelho Amarelo ácrico (Embrapa, 1999), na safra de verão-outono (ou da seca) de 2005. Madre de Deus de Minas, também no sul de Minas, situa-se a 21°28'56" de latitude Sul e 44°19'47" de longitude Oeste (Localização geográfica, 2006a), com níveis altimétricos entre 973 m e 1.280 m (Localização geográfica, 2006b), altitude média de 1018 m em relação ao nível do mar e topografia suavemente ondulada (Localização geográfica, 2006a). Seu clima é do tipo Cwb, caracterizando clima mesotérmico com verões quentes e invernos secos, segundo a descrição de

Köppen. A temperatura média do mês mais quente é de 21,82°C e do mês mais frio, 16,03°C, sendo a média anual de 19,6± 0,6 °C. A precipitação anual é de 1.517,0±168 mm, com cerca de 93% desse total concentrados entre outubro e abril (Estação Climatológica Principal de Lavras). Os experimentos desta safra foram conduzidos com a cv. Ouro Negro, em plantio direto e convencional, e com a cv. BRS-MG Talismã em plantio direto.

As ocorrências diárias de temperatura, umidade relativa e precipitação pluvial, durante o período de condução dos experimentos, estão registradas nas Figuras 1 e 2.

Os valores resultantes da análise química de amostras de material dos solos, coletadas à profundidade de 0 a 20 cm, antes da semeadura do feijão, são apresentados na Tabela 1.

4. 2 Cultivares utilizadas

Como já mencionado, foram utilizadas as cultivares BRS-MG Talismã e a Ouro Negro. A cv. Talismã, desenvolvida pelo convênio UFLA/UFV/EPAMIG/EMBRAPA e recomendada para Minas Gerais, apresenta grãos tipo carioca, crescimento indeterminado com guias longas (tipo III), porte prostrado, ciclo médio de 85 dias, resistência à raça alfa brasil (patótipo 89) de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e ao mosaico comum (VMCF) e resistência intermediária à mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (Cultivar, 2002). A cultivar Ouro Negro, de grãos pretos e também recomendada para Minas Gerais, apresenta hábito de crescimento indeterminado com guias longas (tipo III), porte prostrado, ciclo normal, alta capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio, resistência à ferrugem e antracnose e tolerância ao frio (Informativo..., 1997).

TABELA 1. Resultados da análise química de amostras de material dos solos utilizados (camada 0 a 20 cm). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Características	Lavras	Madre de Deus de Minas	
	Plantio convencional	Plantio direto	Plantio convencional
pH em H ₂ O (1:2,5)	5,3 AcM	5,9 AcM	5,6 AcM
P mg dm ⁻³ (1)	15,0 B	5,2 Ba	0,9MBa
K mg dm ⁻³ (1)	61,0 M	98,0 B	39,0 Ba
Ca cmolc dm ⁻³ (2)	1,8 M	4,3 MB	2,3 M
Mg cmolc dm ⁻³ (2)	0,5 M	1,7 MB	1,3 B
Al cmolc dm ⁻³ (2)	0,2 Ba	0,0 MBa	0,0 MBa
H + Al cmolc dm ⁻³ (3)	4,5 M	3,2 M	4,0 M
SB (soma de bases) cmolc dm ⁻³	2,5 M	6,3 MB	3,7 B
t (CTC efetiva) cmolc dm ⁻³	2,7 M	6,3 B	3,7 M
T (CTC a pH=7,0) cmolc dm ⁻³	7,0 M	9,4 B	7,7 M
Saturação por alumínio (m) %	8,0 MBa	0,0M Ba	0,0 MBa
Saturação por bases (V) %	35,3 Ba	66,1 B	48,1 M
S mg dm ⁻³ (4)	44,8 MB	12,8 MB	10,8 MB
Matéria orgânica dag kg ⁻¹ (5)	1,8 M	2,1 M	2,2 M
Zn mg dm ⁻³ (1)	14,5 A	13,1 A	2,4 A
Fe mg dm ⁻³ (1)	42,0 B	78,9 A	89,2 A
Mn mg dm ⁻³ (1)	19,0 A	12,3 A	7,5 M
Cu mg dm ⁻³ (1)	3,7 A	1,9 A	2,6 A
B mg dm ⁻³ (6)	0,3 Ba	0,4 M	0,3 Ba

* Análises realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e interpretação de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 5ª. aproximação (Ribeiro et al., 1999). (1) Extrator Mehlich, (2) Extrator KCl 1 N, (3) Extrator SMP, (4) Extrator fosfato monocalcico em ácido acético, (5) Oxidação:Na₂Cr₂O₇ 4N+H₂SO₄ 10 N, (6) Extrator água quente, AcM=acidez média, MBa=muito baixo, Ba=baixo, M=médio, B=bom, MB=muito bom, A=alto.

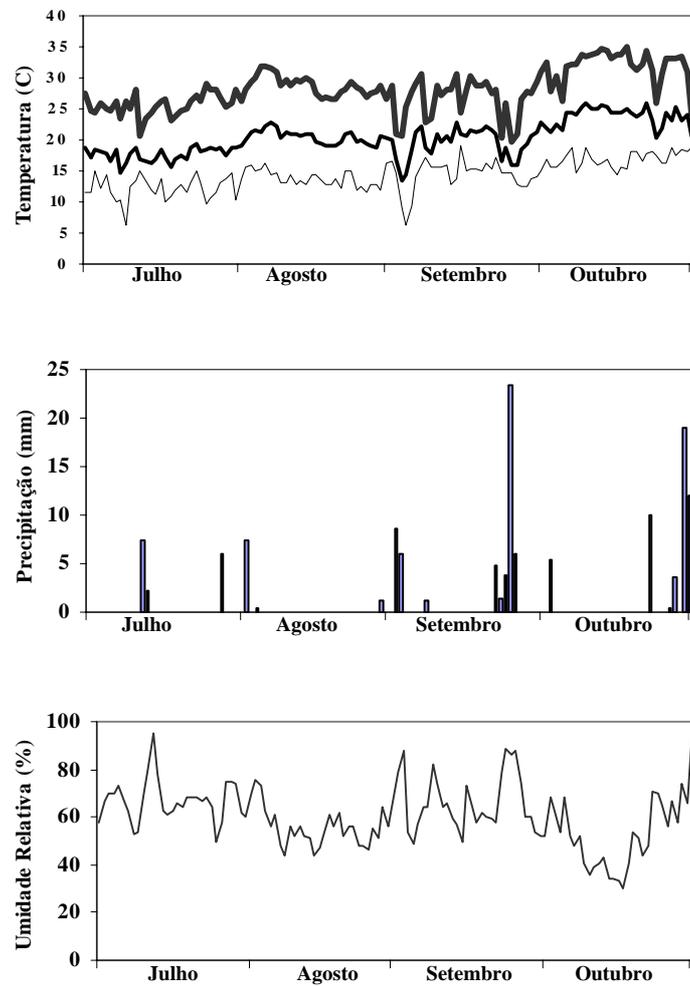


FIGURA 1 Variação diária das médias de temperaturas (máxima, média e mínima), precipitação pluvial e umidade relativa do ar, no período de julho a outubro de 2002 (dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras, MG, situada no “campus” da UFLA, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET). UFLA, Lavras, MG, 2006.

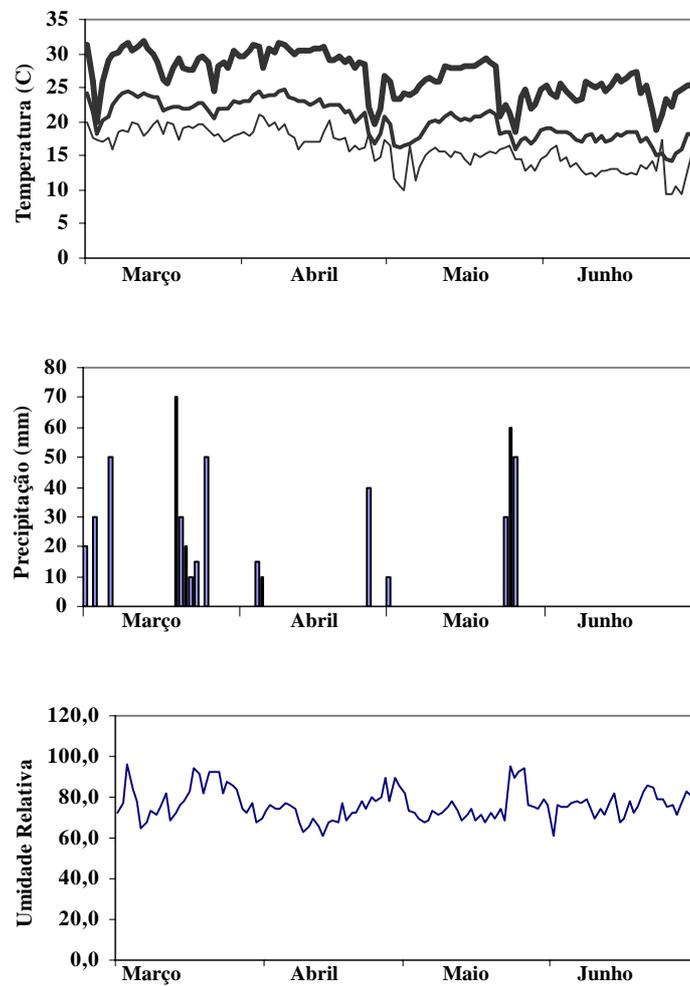


FIGURA 2 Variação diária das médias de temperaturas (máxima, média e mínima) e umidade relativa do ar (dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras, MG, situada no “campus” da UFLA, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET); e precipitação pluvial no período de março a junho de 2005 (dados coletados na propriedade). UFLA, Lavras, MG, 2006.

4.3 Delineamento estatístico, tratamentos e características avaliadas

No estudo dos efeitos das cultivares e dos sistemas de plantio sobre os teores foliares, por ocasião do florescimento (etapa R₆) e sobre a extração total de macronutrientes pela parte aérea, assumiu-se o delineamento estatístico de blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 2 x 2, envolvendo as duas cultivares (Ouro Negro e Talismã) e os dois sistemas de plantio (plantio direto e convencional).

No estudo da marcha de absorção, o delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, com três repetições e onze tratamentos, ou épocas de coleta, no ensaio da cv. Ouro Negro, em plantio convencional e doze épocas nos demais ensaios. A primeira coleta foi realizada aos 10 DAE, para a cv. Ouro Negro em plantio direto, aos 12 DAE para a cv. BRS-MG Talismã em plantio direto, aos 5 DAE para a cv. Ouro Negro em plantio convencional e aos 7 DAE para a cv. BRS-MG Talismã em plantio convencional. Em cada coleta, feita de sete em sete dias, foram coletadas vinte plantas, retiradas do campo por meio de um corte a 1 cm do solo, das quais a parte aérea foi, inicialmente, separada em haste, folhas, flores + vagens e grãos e levadas para estufa com circulação de ar a 65 °C a 70°C, até peso constante. Posteriormente, as amostras foram trituradas e enviadas ao Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Ciências do Solo da UFPA, para determinação do teor de macronutrientes contidos na parte aérea da planta. Os teores foram analisados quimicamente como se segue: N, pelo método Kjeldahl; P, K, Ca, Mg, S por digestão com ácido nítrico e perclórico e determinados no extrato (P-colorimetria, K-fotometria de chama; S-turbidimetria; Ca, Mg-espectrofotometria de absorção atômica), de acordo com Malavolta et al. (1997).

Para a determinação do acúmulo dos macronutrientes, o teor de cada um dos nutrientes foi relacionado com o peso correspondente de matéria seca em cada órgão, para ser obtido o modelo da distribuição e quantidade do nutriente

na planta toda, transformado em acúmulo por hectare. A exportação foi determinada mediante a relação entre o teor de cada macronutriente contido no grão e o peso da matéria seca deste e as taxas de acúmulo foram calculadas a partir das equações ajustadas para o acúmulo de macronutrientes.

4.4 Detalhes da implantação e condução dos experimentos

No plantio direto, os ensaios foram instalados sob palhada de milho, estimada em 3.817,6 kg ha⁻¹ por meio de três amostragens com um quadro com 0,25 m² de área. A dessecação foi realizada quinze dias antes do plantio, com 2,5 kg de Roundup WG® por hectare. No plantio convencional, em ambas as localidades, o preparo do solo constou de uma aração e uma gradagem pesada. Não foi feita a correção do solo, com exceção do experimento da cv. Ouro Negro, em plantio convencional (Madre de Deus de Minas), onde foram aplicadas 4 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico. A adubação de plantio foi 400 kg.ha⁻¹ do formulado 08-28-16 (32 kg.ha⁻¹ de N, 112 kg.ha⁻¹ de P e 64 kg.ha⁻¹ de K), em Lavras e 500 kg.ha⁻¹ do formulado 10-30-10 (50 kg.ha⁻¹ de N, 150 kg.ha⁻¹ de P e 50 kg.ha⁻¹ de K) + micronutrientes (0,5 kg.ha⁻¹ Zn e 0,06 kg.ha⁻¹ de B), em Madre de Deus de Minas. Ainda em Madre de Deus de Minas, quando as plantas se encontravam no estágio V₃/V₄ (Fernandez et al., 1985), foram aplicados, via foliar, 150 g.ha⁻¹ de molibdato de sódio e realizada a adubação de cobertura, aplicando-se mecanicamente 200 kg ha⁻¹ do formulado 30-00-10 (60 kg de N + 20 kg de K₂O) em sulcos laterais às linhas de plantio, com incorporação. No experimento de Lavras, a adubação de cobertura foi feita manualmente e constou de 30 kg ha⁻¹ de N, fonte uréia.

Em Lavras, a semeadura foi manual, adotando-se a densidade de 16 sementes por metro e parcelas de quatro linhas de 5 m de comprimento, sendo a área útil constituída pelas duas linhas centrais. Em Madre de Deus foram utilizadas três glebas comerciais, semeadas mecanicamente com a densidade de

15 sementes por metro e as amostragens foram realizadas diretamente nos talhões. O espaçamento entre linhas foi sempre de 0,5 m.

Para controle das plantas daninhas, em Madre de Deus de Minas, foi aplicada uma mistura de 300 ml de Flex® + 1L de Podium + 500 ml de óleo mineral Attach por hectare, enquanto, em Lavras, o controle foi manual, com enxadas. Os demais tratos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região. Os ensaios instalados em Madre de Deus não receberam irrigação e o ensaio de Lavras foi irrigado por aspersão convencional.

Por se tratar de área comercial, nos ensaios instalados em Madre de Deus de Minas foram adotados os mesmos procedimentos e tratos culturais utilizados pelo produtor.

4.5 Procedimentos estatísticos

Todos os dados foram submetidos à análise de variância, conforme os delineamentos adotados. Para a comparação entre as médias de cultivares e sistemas de plantio, foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No estudo da marcha de absorção, os teores de macronutrientes na parte aérea total e nos grãos foram submetidos também à análise de regressão, com ajuste do modelo cúbico. As épocas e as quantidades relacionadas à absorção máxima de macronutrientes pela planta toda, ou extração, foram estimadas com base nos modelos ajustados, da mesma forma que a exportação, esta última estimada com os modelos ajustados aos grãos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teores foliares de macronutrientes

Um resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos aos teores de macronutrientes nas folhas do feijoeiro por ocasião da floração plena (etapa R₆) é apresentado na Tabela 2. Avaliando-se os valores do coeficiente de variação (CV%), pode-se afirmar que a precisão experimental foi adequada, compatível com a encontrada na literatura (Andrade et al., 1998; Franzote et al., 2005), exceto no caso do Ca, em que a precisão foi inferior. A interação cultivares x sistemas de cultivo foi significativa, no caso do Mg e S. Os teores de N foram influenciados pelos sistemas de cultivo, enquanto que os de K foram afetados por ambos os fatores, sistemas e cultivares. Os teores de P e Ca não tiveram influência dos fatores estudados (Tabela 2).

TABELA 2. Resumo (quadrados médios) da análise de variância conjunta dos dados relativos aos teores foliares de macronutrientes por ocasião do pleno florescimento. UFLA, Lavras, MG, 2006.

FV	GL	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivar	1	11,21	0,65	120,02*	22,14	20,88**	0,14
Sistema	1	211,68**	0,72	96,76*	4,66	0,07	1,16**
C X S	1	44,85	0,002	3,28	22,36	12,71**	0,59**
Bloco	2	32,79	0,05	1,64	31,67	0,69	0,02
Erro	6	11,87	0,17	10,09	105,16	0,16	0,05
CV (%)		10,28	16,38	13,62	48,38	8,72	11,26

* Significativo, a 5%, pelo teste de F.

** Significativo, a 1%, pelo teste de F.

Na Tabela 3 são apresentados os teores foliares médios dos macronutrientes por ocasião da floração plena (etapa R₆) das cvs. Ouro Negro e Talismã, nos dois sistemas de cultivo (análise conjunta). Tomando-se as médias

TABELA 3. Valores médios (análise conjunta) dos teores foliares de macronutrientes por ocasião da plena floração (g.kg^{-1}) das cvs. Ouro Negro (ON) e BRS-MG Talismã (T), em plantio direto (PD) e convencional (PC). UFLA, Lavras, MG, 2006⁽¹⁾.

Cultivar	Sistema	N	P	K	Ca	Mg	S
ON		34,47	2,30	26,48 a	19,84	5,87 a	1,85
T		32,53	2,77	20,16 b	22,56	3,23 b	2,07
	PD	37,70 a	2,78	26,16 a	20,57	4,62	2,27 a
	PC	29,30 b	2,29	20,48 b	21,82	4,47	1,64 b
ON	PD	36,73	2,53	29,85 a	17,85	4,91	1,94 b
T		38,67	3,02	22,48 b	23,30	4,33	2,60 a
ON	PC	32,20	2,07	23,12	21,83	6,82 a	1,76
T		26,40	2,51	17,84	21,81	2,12 b	1,54
ON	PD	36,73	2,53	29,85 a	17,85	4,91 b	1,94
	PC	32,20	2,07	23,12 b	21,83	6,82 a	1,76
T	PD	38,67	3,02	22,48	23,30	4,33 a	2,60 a
	PC	26,40	2,51	17,84	21,81	2,12 b	1,54 b
Média		33,50	2,53	23,32	21,20	4,55	1,96

⁽¹⁾Dentro de cada fator ou interação, médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

gerais dos quatro experimentos, pode-se constatar que os teores de N, P, K, Ca e Mg situaram-se dentro das faixas normalmente consideradas como adequadas, enquanto os teores de S ficaram ligeiramente abaixo (Wilcox & Fageria, 1976; Malavolta, 1992; Raij et al., 1996).

As cvs. Ouro Negro e Talismã apresentaram praticamente os mesmos teores foliares de N, mas, no plantio direto, o teor foliar deste nutriente foi superior ao do plantio convencional (37,7 contra 29,3 g.kg^{-1} , Tabela 3), certamente em função da presença da palhada que, embora inicialmente possa ter contribuído para maior imobilização do N, teve influência positiva na disponibilização do nutriente, complementando a adubação nitrogenada realizada. Como o nitrogênio é absorvido em cerca de 99% por fluxo de massa (Tisdale et al. 1985), a maior umidade presente no sistema de plantio direto também pode ter favorecido seu maior teor.

Os teores de P variaram, nos quatro experimentos, de 2,07 a 3,02 g.kg⁻¹ (média de 2,53 g.kg⁻¹), sem apresentar influência dos fatores em estudo (Tabela 3).

No plantio direto, também foi superior o teor foliar de K (Tabela 3), certamente por se tratar de nutriente altamente reciclado pela palhada, dado o seu alto teor nos resíduos da lavoura de milho. Ainda quanto ao teor foliar de K, a cv. Ouro Negro superou a Talismã, o que, de certa forma, é compatível com o seu maior teor de minerais nos grãos, característica das cultivares do grupo preto (Vieira, 1978).

No caso do Ca, observa-se que, no experimento da cv. Ouro Negro em plantio direto, o teor foliar foi o mais baixo observado (Tabela 3), provavelmente favorecido por um efeito de diluição, já que o feijoeiro neste experimento foi o que alcançou maior altura e maior matéria seca da parte aérea (Capítulo II). As médias dos sistemas de cultivo e de cultivares, entretanto, não diferiram, provavelmente em função do alto CV(%) apresentado.

Em relação ao Mg, a média que mais se distanciou foi a do experimento com a cv. Talismã em plantio convencional, em Lavras, certamente em função do menor teor do nutriente no solo (Tabela 1). Este dado pode ter sido, inclusive, responsável pela significância da interação.

Os teores foliares de S mostraram-se superiores no plantio direto e, como estes valores não foram proporcionais aos teores de S no solo, é provável que a palhada do plantio direto tenha disponibilizado mais S para as plantas. Nesta condição (plantio direto), a cv. Talismã apresentou maior teor foliar de S.

5.2 Acúmulo de macronutrientes

Um resumo da análise de variância conjunta dos dados de acúmulo de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro é apresentado na Tabela 4. Nesta análise verificou-se boa precisão experimental, com os valores de CV variando

de 12,70% a 15,87%. A interação cultivares x sistemas de cultivo foi significativa nos acúmulos de P, K, Ca e S. Nos casos do N e do Mg, apenas os sistemas de cultivo influenciaram os acúmulos (Tabela 4).

TABELA 4. Resumo (quadrados médios) da análise de variância conjunta dos dados relativos ao acúmulo de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro, coleta mais próxima ao acúmulo máximo estimado. UFLA, Lavras, MG, 2006.

FV	GL	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Cultivar (C)	1	31,36	19,30*	224,55	944,12**	21,46	81,48**
Sistemas (S)	1	13350,67**	99,99**	7356,20**	57,29	163,10**	1,80
C X S	1	273,42	51,34**	1345,14*	2385,16**	1,86	70,42**
Bloco	2	313,52	0,93	19,65	7,17	5,75	0,82
Erro	6	217,71	2,17	164,05	35,73	4,59	1,42
CV (%)		14,09	13,08	15,87	12,70	15,09	13,67

* Significativo, a 5%, pelo teste de F.

** Significativo, a 1%, pelo teste de F.

Os valores médios do acúmulo de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro (análise conjunta), obtidos na coleta mais próxima ao ponto de acúmulo máximo estimado, que será discutido mais adiante, encontram-se na Tabela 5.

Os valores médios do acúmulo da Tabela 5 são, na Tabela 6, comparados com valores médios estimados por outros autores. De maneira geral, os trabalhos em vasos, em condições controladas de casa de vegetação, levam a maiores extrações de nutrientes. Os dados médios do presente trabalho são compatíveis com os de outros realizados em condições de campo, principalmente os de Cobra Netto (1967), que diferiram apenas quanto à maior extração de S. À exceção do Ca, os presentes resultados médios também foram bem próximos dos obtidos por Bulisani (1994), com a cv. Carioca (Tabela 6).

TABELA 5. Valores médios do acúmulo de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro (kg.ha⁻¹) cvs. Ouro Negro (ON) e BRS-MG Talismã (T), em plantio direto (PD) e convencional (PC). Dados obtidos na coleta mais próxima ao acúmulo máximo estimado. UFLA, Lavras, MG, 2006.⁽¹⁾

Cultivar	Sistema	N	P	K	Ca	Mg	S
ON		103,14	10,05	85,02	38,21	15,54	6,13
T		106,37	12,59	76,37	55,95	12,86	11,34
	PD	138,11 a	14,20	105,46	49,27	17,89 a	9,12
	PC	71,04 b	8,43	55,94	44,90	10,52 b	8,35
ON	PD	141,27	15,00	120,37 a	54,50	19,62	8,94
T		134,95	13,40	90,54 b	44,04	16,16	9,30
ON	PC	65,01	5,09 b	49,68	21,93 b	11,46	3,32 b
T		77,79	11,77 a	62,20	67,87 a	9,57	13,37 a
ON	PD	141,27	15,00 a	120,37 a	54,50 a	19,62	8,94 a
	PC	65,01	5,09 b	49,68 b	21,93 b	11,46	3,32 b
T	PD	134,95	13,40	90,54 a	44,04 b	16,16	9,30 b
	PC	77,79	11,77	62,20 b	67,87 a	9,57	13,37 a
Média		104,76	11,32	80,70	47,08	14,20	8,73

⁽¹⁾Dentro de cada fator ou interação, médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O N foi o macronutriente absorvido em maiores quantidades pelo feijoeiro pois, considerando-se a média dos quatro ensaios, o acúmulo foi da ordem de 105 kg.ha⁻¹ de N. O acúmulo de N variou de 65 a 141 kg.ha⁻¹ de N, e houve nítida influência do sistema de cultivo sobre esta característica, tendo o plantio direto acumulado praticamente o dobro do N no sistema convencional (Tabela 5). Conforme já mencionado, no caso do teor de N, a absorção de N certamente foi maior no plantio direto, graças à presença da palhada e à maior umidade presente neste sistema, favorecendo a absorção e posterior acúmulo.

As cultivares Ouro Negro e Talismã absorveram, respectivamente, 103 e 106 kg.ha⁻¹ de N. Estes valores são compatíveis com os fornecidos por vários autores (Vieira, 1998) e justificam, em parte, as grandes doses recomendadas de N para a cultura que, em Minas Gerais, podem chegar a 100 kg.ha⁻¹ de N, 40 kg.ha⁻¹ de N no plantio + 60 kg.ha⁻¹ de N em cobertura (Ribeiro et al., 1999).

Deve ser lembrado, entretanto, que o N necessário ao feijoeiro pode ser proveniente não só dos fertilizantes, mas também de outras fontes, inclusive fixação simbiótica (Vieira, 1998).

Com relação ao P, também detectou-se maior acúmulo no plantio direto (Tabela 5). Como nutriente que alcança as raízes das plantas, principalmente pelo processo de difusão, sua absorção, certamente, foi favorecida pela maior umidade conferida pelo plantio direto. Nesta última condição, as cultivares acumularam quantidades equivalentes de P, mas, no sistema convencional, a cv. Talismã acumulou mais P que a cv. Ouro Negro (Tabela 5).

A nutrição potássica também foi favorecida pelo plantio direto, em que ambas as cultivares de feijoeiro acumularam mais K (Tabela 5). O elevado teor de K na palhada utilizada certamente determinou este resultado. No plantio direto, com maior disponibilidade de K, a cv. Ouro Negro acumulou mais nutriente na parte aérea (Tabela 5).

No geral, a cv. Talismã acumulou mais Ca que a cv. Ouro Negro, mas, este efeito foi motivado, principalmente, pelo comportamento das cultivares no plantio convencional, em que a primeira acumulou 68 kg ha^{-1} , contra 22 kg ha^{-1} pela Ouro Negro, apesar da calagem feita nesse ensaio. Esse menor acúmulo de Ca pode ser explicado pelo menor acúmulo de matéria seca na cv. Ouro Negro em plantio convencional (em média, metade da acumulada nos demais ensaios – Capítulo II). As diferenças ente sistemas de cultivo não foram significativas (Tabela 5).

No caso do Mg, o plantio direto proporcionou maior acúmulo em ambas as cultivares (Tabela 5), mostrando que, neste sistema, a absorção de Mg também é favorecida. A absorção total do nutriente pelo feijoeiro no presente trabalho (14 kg ha^{-1}) é compatível com a da literatura, da ordem de 10 a 18 kg ha^{-1} , embora possa chegar a 36 kg ha^{-1} de Mg (Thung & Oliveira, 1988).

Com relação ao acúmulo de S, os resultados foram menos consistentes, já que cada cultivar sobressaiu em um sistema de manejo (Tabela 5), dificultando a interpretação.

TABELA 6. Acúmulo de macronutrientes (kg.ha⁻¹) na parte aérea do feijoeiro determinados por diferentes autores. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Autores	N	P	K	Ca	Mg	S
Presente trabalho ¹	105	11	81	47	14	9
El-Husny (1992) ^{2,4}	121	18	85	66	21	21
Bulisani (1994) ^{2,3}	88	8	52	28	9	-
Bulisani (1994) ^{2,4}	106	9	56	26	10	-
Cobra Netto (1967) ^{1,5}	102	9	93	54	18	26
Gallo e Miyasaka (1961) ^{1,6}	84	7	68	34	11	6
Feitosa et al. (1980) ¹	81	7	62	57	10	-
Haag et al. (1967) ^{2,6}	201	18	201	117	36	36

¹campo; ²casa de vegetação, ³média de 5 cultivares; ⁴cv. Carioca; ⁵cv. Roxinho; ⁶cv. Chumbinho Opaco

5.3 Marcha de absorção de macronutrientes

As análises de variância dos dados relativos à marcha de absorção de macronutrientes estão resumidas na Tabela 7. Pode-se observar, inicialmente, que os valores do coeficiente de variação (CV%) indicaram boa precisão experimental. Em ambas as cultivares e respectivos sistemas de plantio, houve efeito significativo das épocas de coleta.

A marcha de absorção e a taxa acúmulo dos macronutrientes, nos quatro experimentos, encontram-se nas Figuras 3 a 18. Pode-se observar, pelos valores do coeficiente de determinação das equações, que também houve bom ajuste dos dados ao modelo cúbico utilizado.

As épocas de máximo acúmulo e taxa de máximo acúmulo, bem como as quantidades máximas acumuladas de cada um dos nutrientes, calculadas com base nas equações ajustadas, são apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 8 e 9.

5.3.1 Nitrogênio

O máximo acúmulo de N ocorreu, nos diferentes experimentos, entre 71 e 89 DAE, embora em duas situações (Ouro Negro em plantio convencional e BRS-MG Talismã em plantio direto), não se tenha alcançado, de fato, com o modelo utilizado, pontos de máximo (Figuras 5 e 7). Na cultivar Ouro Negro, ele foi ligeiramente mais precoce, provavelmente em função do menor ciclo médio (81 dias contra 87 dias da cv. Talismã). Em média, no plantio direto, o máximo acúmulo de N ocorreu pouco mais de uma semana mais tarde (83 DAE) que no convencional (73 DAE), o que pode estar relacionado com a maior disponibilidade do nutriente, decorrente da maior fertilidade natural (Tabela 1) e do maior teor de matéria orgânica e da sua lenta decomposição. Esta maior disponibilidade de N, juntamente com maior umidade no sistema de plantio direto, também pode ter estendido levemente o ciclo cultural de ambas as cultivares e ter se refletido em maior período de absorção radicular do nutriente (Tabela 8 e Figuras 3, 5, 7 e 9).

O período de máxima absorção de N encontrado no presente trabalho é bem superior aos compilados por Rosolem (1987) a partir de resultados de Gallo & Miyasaka (1961), Haag et al. (1967) e Cobra Netto et al. (1971), obtidos com as cultivares Chumbinho Opaco e Roxinho, cultivares mais precoces e de baixo potencial de produção de grãos. Os dados ora obtidos também contrariam os resultados de Haag et al. (1967) porque estes autores afirmavam que, nos primeiros 50 dias, o feijoeiro absorve todo o N que necessita. De certa forma, confirma-se o encontrado por Cobra Netto et al. (1971), pois os mesmos

TABELA 7. Análise de variância do acúmulo de macronutrientes nas cvs. Ouro Negro (ON) e BRS-MG Talismã (T), em plantio direto (PD) e convencional (PC), em função de épocas de coleta. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Ensaio	FV	GL	QM					
			N	P	K	Ca	Mg	S
ON	Época	11	7243,75**	93,57**	6307,91**	931,37**	134,38**	34,29**
	Bloco	2	6,55	0,64	27,62	10,34	0,79	0,12
PD	Erro	22	101,47	1,84	106,27	22,24	2,51	1,13
	CV(%)		12,78	15,90	15,00	16,79	15,86	17,88
T	Época	11	8883,98**	77,85**	3047,08**	692,51**	118,29**	25,98**
	Bloco	2	91,75	1,31	22,75	3,13	0,10	0,27
PD	Erro	22	95,14	0,73	789,18	5,98	1,00	0,69
	CV(%)		12,22	11,41	11,97	9,69	10,85	16,03
ON	Época	10	1358,18**	7,91**	576,92**	201,28**	30,50**	3,04**
	Bloco	2	140,88*	2,44*	123,25*	30,56	3,26*	0,69*
PC	Erro	20	37,34	0,42	26,86	10,99	1,33	0,13
	CV(%)		14,63	19,79	18,38	19,07	17,03	15,84
T	Época	11	2947,43**	64,45**	1763,46**	1575,00**	34,91**	57,51**
	Bloco	2	21,54	1,18	7,42	0,01	0,08	0,37
PC	Erro	22	48,88	0,45	3,79	8,89	0,38	0,66
	CV(%)		14,14	10,61	5,47	8,13	13,19	14,91

* Significativo, a 5%, pelo teste de F.

** Significativo, a 1%, pelo teste de F.

TABELA 8. Épocas de máximo acúmulo (DAE) e quantidades máximas (kg ha^{-1}) dos macronutrientes acumuladas pelas cv. Ouro Negro (ON) e Talismã (T), em plantio direto (PD) e convencional (PC). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Cultivar	Sistema	Ciclo	N		P		K		Ca		Mg		S	
			DAE		DAE		DAE		DAE		DAE		DAE	
ON	PD	87	76	134	81	15	70	122	63	50	69	18	75	9
	PC	75	75	66	75	5	58	40	46	24	57	9	75	5
T	PD	89	89	150	89	15	78	85	66	39	76	16	72	8
	PC	84	71	83	69	12	72	63	61	62	84	9	84	12
ON		81	76	100	78	10	64	81	55	37	63	14	75	7
T		87	80	117	79	14	75	74	64	51	80	13	78	10
	PD	88	83	142	85	15	74	104	65	45	73	17	74	9
	PC	80	73	75	72	9	65	52	54	43	71	9	80	9
Média		84	78	109	79	12	70	78	59	44	72	13	77	9

28

TABELA 9. Épocas de máxima taxa de acúmulo (DAE) e quantidades máximas ($\text{kg ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) dos macronutrientes acumuladas pelas cv. Ouro Negro (ON) e Talismã (T), em plantio direto (PD) e convencional (PC). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Cultivar	Sistema	Ciclo	N		P		K		Ca		Mg		S	
			DAE		DAE		DAE		DAE		DAE		DAE	
ON	PD	87	43	2,83	46	0,30	42	3,14	37	1,32	42	0,49	34	0,19
	PC*	75												
T	PD	89	49	2,59	54	0,22	43	1,81	37	1,10	46	0,38	22	0,19
	PC	84	39	1,84	42	0,32	40	1,47	29	1,60	43	0,16	56	0,20

* Interpretação prejudicada por se tratar de pontos de máximo localizados fora do espaço experimental.

indicavam absorção de N até por volta dos 80 dias; no presente trabalho, entretanto, não foram detectadas queda e nova elevação na acumulação de N, ao final do ciclo. Nos quatro experimentos ora conduzidos, dois apresentaram acúmulo crescente até o final do ciclo (Figuras 5 e 7) e dois mostraram um ponto de máximo com redução posterior (Figuras 3 e 9). Este fato torna-se relevante por indicar que o feijoeiro continua a absorver N, mesmo após o florescimento, cujo início, normalmente, é o limite máximo considerado para se realizar as adubações nitrogenadas convencionais. Este resultado indica, portanto, possibilidade de resposta a aplicações mais tardias de N, sobretudo via fertirrigação ou via foliar, possibilidade esta já constatada por Westermann et al. (1981).

A marcha de absorção de N seguiu, em linhas gerais, a curva de acúmulo de matéria seca estudada no capítulo anterior. Ao final do ciclo cultural, apesar da translocação do N para outras partes da planta, a abscisão foliar pode causar redução nas quantidades totais absorvidas (Figuras 3 e 6), favorecendo a reciclagem do nutriente para o solo (Rosolem, 1987).

As maiores taxas de acúmulo de N foram detectadas, com exceção da cv. Ouro Negro, em plantio convencional, que apresentou resultados inconsistentes, entre 39 e 49 DAE, com uma taxa de 1,84 a 2,83 kg.ha⁻¹.dia⁻¹ (Figuras 4, 6 e 10 e Tabela 9). Estes resultados corroboram com os encontrados por Gallo & Miyasaka (1961), sendo o período de maior taxa um pouco mais tardio que o encontrado por estes autores.

5.3.2 Fósforo

A despeito da sua grande influência na produção de grãos (Vieira, 1998), o P é o macronutriente absorvido em menores quantidades pelo feijoeiro. De acordo com as Figuras 3, 5, 7 e 9, observa-se que a absorção desse nutriente se deu de forma constante, quase linear, em duas das situações (Figuras 3 e 5) ou

com discretos pontos de máximo acúmulo (Figuras 7 e 9). Este comportamento é coincidente com o encontrado na literatura e demonstra a necessidade de contínuo suprimento de P à planta (Rosolem, 1987). As quantidades máximas absorvidas variaram de 5 a 15 kg ha⁻¹ de P, nos quatro experimentos, valores de grandeza também compatíveis com os relatados por outros autores (Cobra Netto et al., 1971; Gallo & Miyasaka, 1961; Haag et al., 1967; Rosolem, 1987).

Excetuando-se o experimento em área de primeiro ano, que apresentou resultados inconsistentes, as taxas máximas de absorção de P variaram de 0,22 a 0,32 kg ha⁻¹ dia⁻¹ e ocorreram de 42 DAE a 53 DAE (Figuras 4, 6 e 10 e Tabela 9). A época de maior taxa de absorção de P foi bastante semelhante à encontrada por Rosolem (1987), porém, as taxas relativas ao presente trabalho foram superiores à encontrada por este mesmo autor (0,21 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de P).

5.3.3 Potássio

De maneira geral, a marcha de absorção do K pelo feijoeiro descreveu trajetória semelhante à absorção de N e da curva de acúmulo de matéria seca. Ambas as cultivares, nos dois sistemas de plantio, mostraram pontos de máximo bastante nítidos entre 58 e 78 DAE, com ocorrência mais precoce na cv. Ouro Negro (em média, aos 64 DAE), que teve o ciclo ligeiramente mais curto.

Em termos de grandeza, os valores máximos extraídos pelo feijoeiro no plantio direto variaram de 85 a 122 kg ha⁻¹, compatíveis com os dados encontrados por Malavolta & Lima Filho (1997). Os valores encontrados no sistema convencional, ao contrário, situam-se abaixo dos normalmente citados na bibliografia (Tabela 8), o que pode estar relacionado ao menor crescimento do feijoeiro e menor disponibilidade de K no solo, principalmente em Lavras (Tabela 1), conforme já relatado.

As taxas máximas de absorção de K ocorreram, nos três experimentos mais consistentes, de 37 a 43 DAE, com valores da ordem de 1,47 a 3,14 kg ha⁻¹

dia^{-1} de K (Figuras 4, 6 e 10 e Tabela 9). A época de maior taxa de absorção de K se deu mais precocemente e essa taxa foi menor no presente trabalho quando comparada com os resultados encontrados por Rosolem (1987); porém, coincide com os resultados encontrados por Gallo & Miyasaka (1961), tanto quanto à época, como quanto à grandeza da taxa de absorção máxima de K.

5.3.4 Cálcio

A marcha de absorção dos macronutrientes secundários é apresentada nas Figuras 3, 5, 7 e 9, nas quais se observa bom ajuste dos dados ao modelo cúbico. Os pontos de máxima absorção, bem como as quantidades máximas acumuladas pelas cultivares, calculadas com base nas equações ajustadas, nos dois sistemas de plantio, são apresentados na Tabela 8.

A acumulação máxima de Ca variou dos 46 aos 66 DAE (Figuras 7 a 10 e Tabela 8), ocorrendo, portanto, mais precocemente em relação ao N e P, com média de 59 DAE. Este resultado se aproxima da época citada por Haag et al. (1967), apesar do uso de cultivar distinta. Na cv. Ouro Negro, que se mostrou mais precoce no presente trabalho, a máxima acumulação ocorreu nove dias antes da cv. Talismã (Tabela 8). Do mesmo modo, o menor ciclo ocorrido no plantio convencional (Tabela 8), associado ao menor porte e menor acúmulo de matéria seca (Capítulo 2), fez com que o feijoeiro antecipasse o acúmulo máximo de Ca (Figuras 8 e 9).

Com exceção do ensaio da cv. Ouro Negro, em plantio convencional, que apresentou resultados inconsistentes, as maiores taxas de absorção de Ca ocorreram mais cedo em relação aos demais macronutrientes, dos 29 aos 37 DAE, variando de 1,10 a 1,60 $\text{kg ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$ de Ca (Figuras 4, 6 e 10 e Tabela 9). Este resultado é semelhante aos encontrados por Rosolem (1987), no que diz respeito à taxa de absorção máxima e à época em que ela ocorreu.

5.3.5 Magnésio

O maior acúmulo de Mg na parte aérea total do feijoeiro variou entre 57 e 84 DAE, ocorrendo, em média, aos 72 DAE (Tabela 8), concordando com Haag et al. (1967), que, trabalhando com a cv. Chumbinho, encontraram máxima absorção aos 70 DAE. Na cv. Ouro Negro, que se mostrou mais precoce, ele ocorreu cerca de 18 dias antes do verificado na cv. Talismã, mas, as datas verificadas nos dois sistemas de plantio foram bem próximas.

As maiores taxas de absorção de Mg variaram de 0,16 a 0,49 kg ha⁻¹dia⁻¹ de Mg e ocorreram entre 42 e 46 DAE (Figuras 4, 6 e 10 e Tabela 9), com exceção do ensaio em plantio convencional, com a cv. Ouro Negro. Em média, os resultados encontrados situaram-se na faixa obtida por Gallo & Miyasaka (1961) no que diz respeito à taxa de absorção de Mg, porém, ocorreram um pouco mais tardiamente do que propôs este autor.

5.3.6 Enxofre

Dentre os macronutrientes, o S foi o menos absorvido, com média de 9 kg ha⁻¹ de S (Tabela 8) e os picos de máxima absorção ocorreram mais próximos do final do ciclo, em relação aos demais nutrientes (Tabelas 8), em média aos 81 DAE. As quantidades máximas acumuladas aproximaram-se das determinadas por Gallo & Miyasaka (1961), mas, ficaram bem abaixo da indicada por outros autores, da ordem de 26 a 36 kg ha⁻¹ de S (Cobra Netto, 1967; Haag et al., 1967).

O S apresentou, dentre os macronutrientes, a absorção mais constante durante o ciclo, com taxas da ordem de 0,19 a 0,20 kg.ha⁻¹.dia⁻¹ de S, somente reduzindo próximo ao final do ciclo (Figuras 4, 6 e 10 e Tabela 9). A taxa de máxima absorção de S foi bastante inferior à obtida por Rosolem (1997).

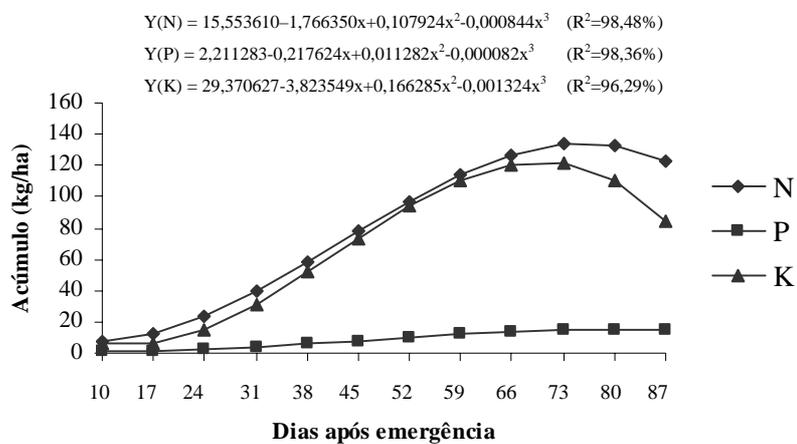


FIGURA 3. Marcha de absorção dos macronutrientes primários pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio direto, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

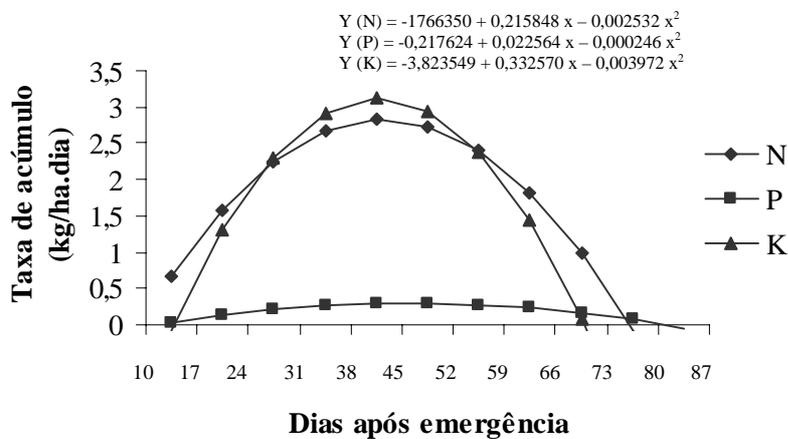


FIGURA 4. Taxa de acúmulo dos macronutrientes primários ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio direto, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

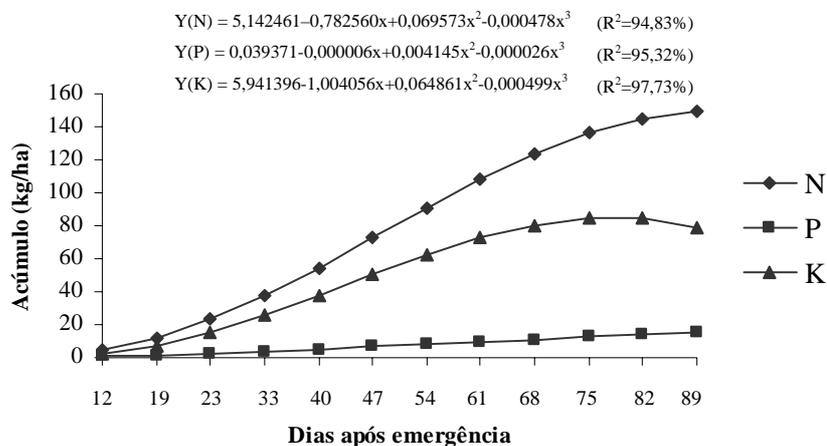


FIGURA 5. Marcha de absorção dos macronutrientes primários pelo feijoeiro cv. BRS-MG Talismã, em plantio direto, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

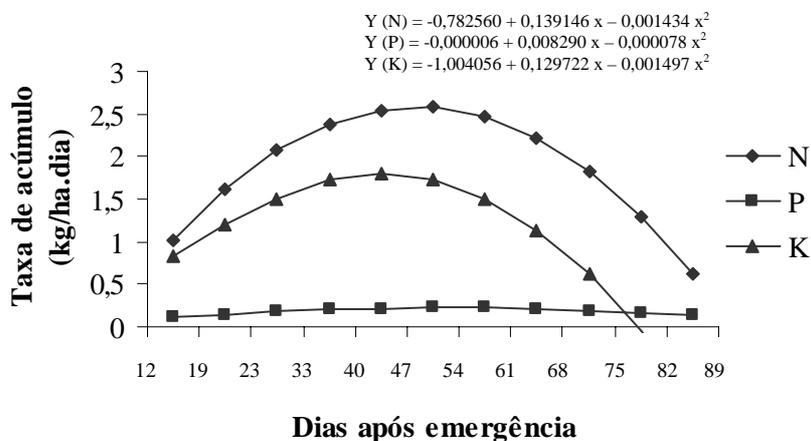


FIGURA 6. Taxa de acúmulo dos macronutrientes primários ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) pelo feijoeiro cv. BRS-MG Talismã, em plantio direto, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

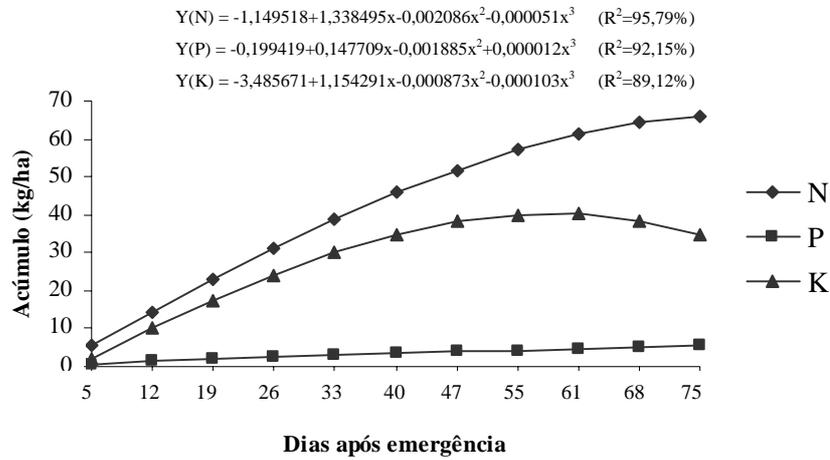


FIGURA 7. Marcha de absorção dos macronutrientes primários pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

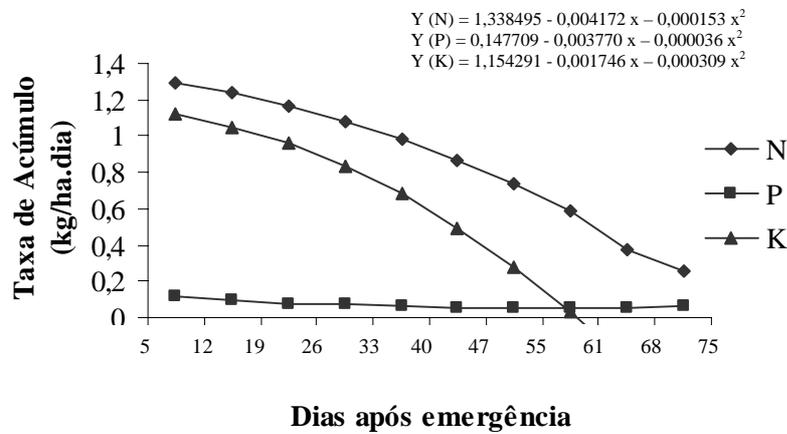


FIGURA 8. Taxa de acúmulo dos macronutrientes primários ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

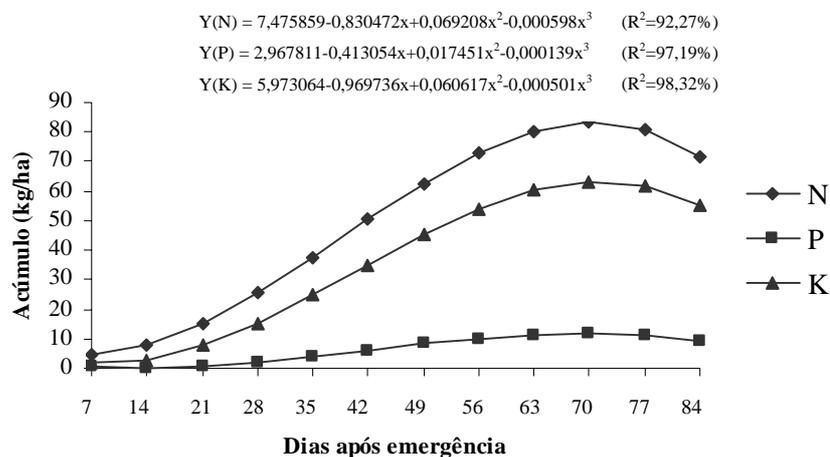


FIGURA 9. Marcha de absorção dos macronutrientes primários pelo feijoeiro cv. BRS MG Talismã, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

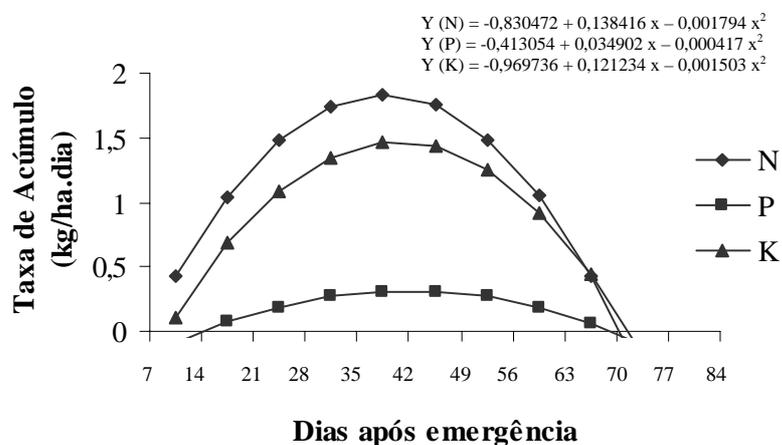


FIGURA 10. Taxa de acúmulo dos macronutrientes primários ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) pelo feijoeiro cv. BRS MG Talismã, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

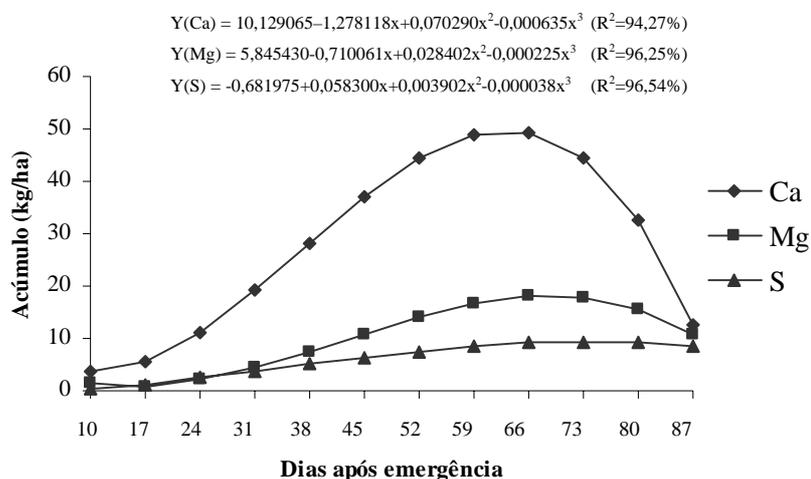


FIGURA 11. Marcha de absorção dos macronutrientes secundários pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio direto, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

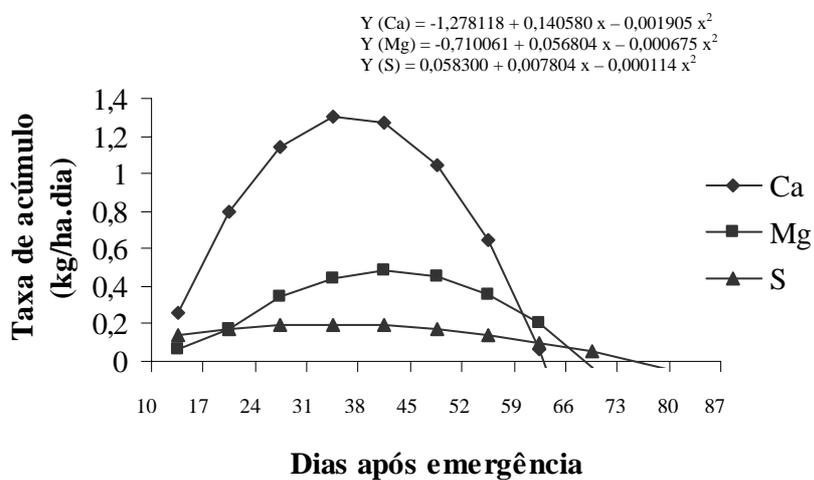


FIGURA 12. Taxa de acúmulo dos macronutrientes secundários ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio direto, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

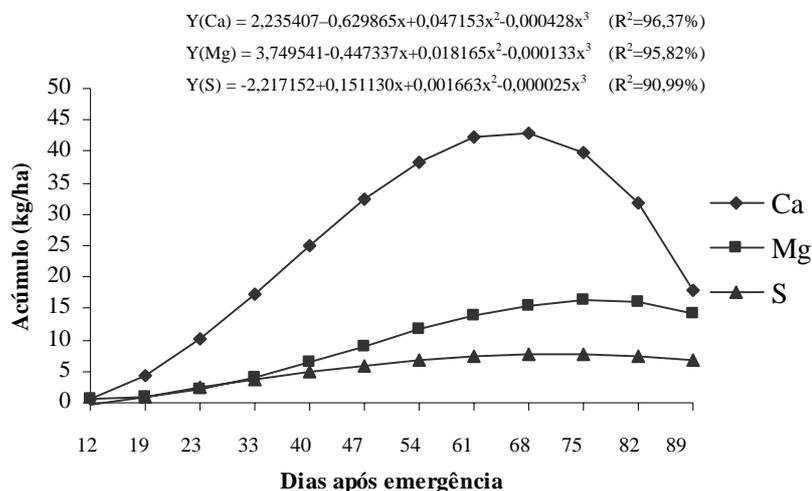


FIGURA 13. Marcha de absorção dos macronutrientes secundários pelo feijoeiro cv. BRS-MG Talismã, em plantio direto, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

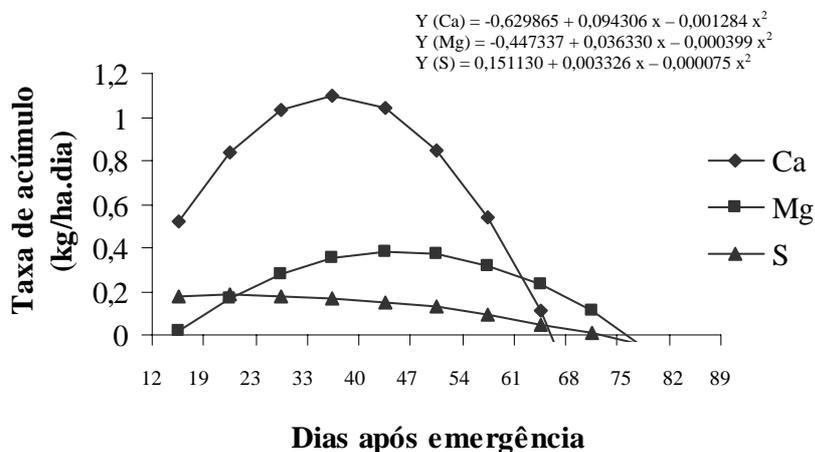


FIGURA 14. Taxa de acúmulo dos macronutrientes secundários ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) pelo feijoeiro cv. BRS-MG Talismã, em plantio direto, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

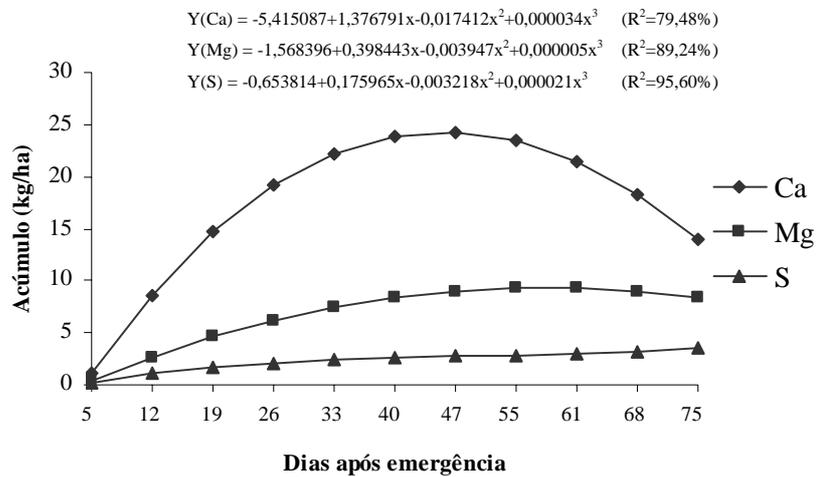


FIGURA 15. Marcha de absorção dos macronutrientes secundários pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

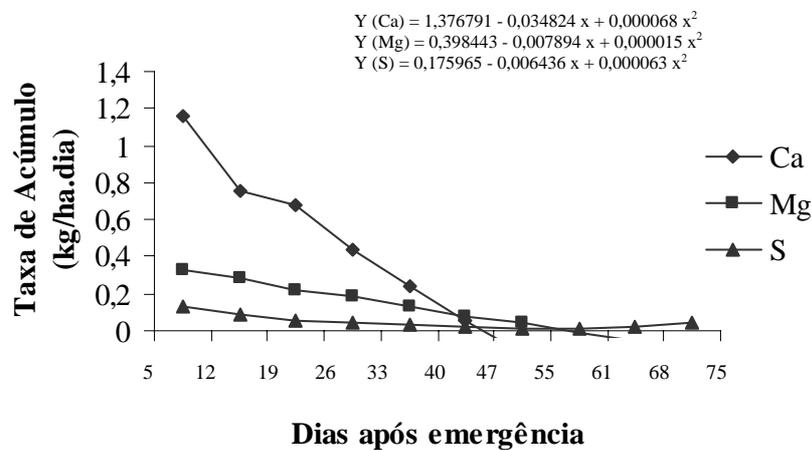


FIGURA 16. Taxa de acúmulo dos macronutrientes secundários ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

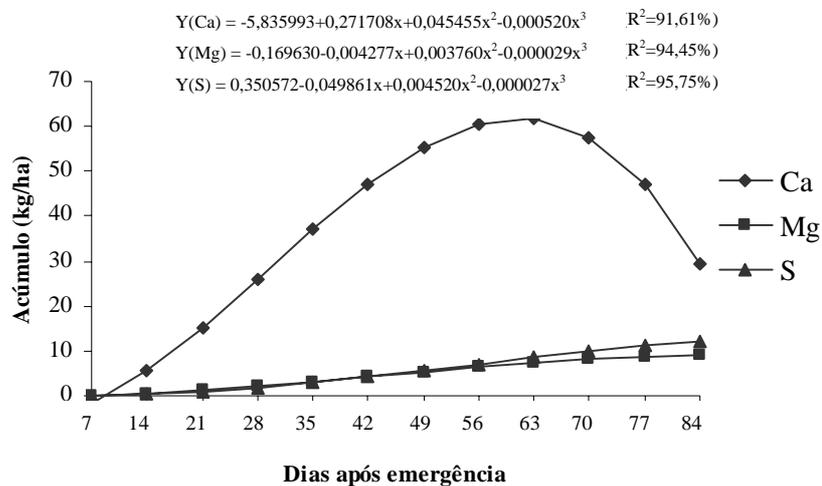


FIGURA 17. Marcha de absorção dos macronutrientes secundários pelo feijoeiro cv. BRS MG Talismã, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

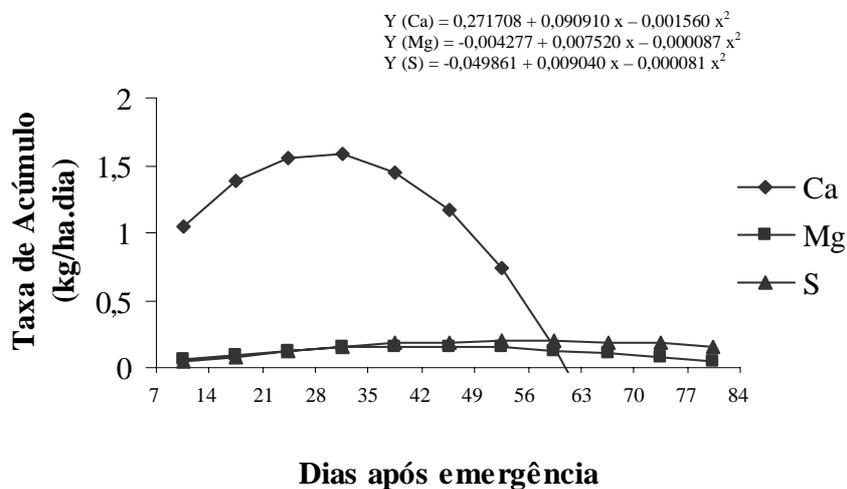


FIGURA 18. Taxa de acúmulo dos macronutrientes secundários ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) pelo feijoeiro cv. BRS MG Talismã, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

5.4 Exportação de macronutrientes

Na Tabela 10 estão resumidas as quantidades de macronutrientes exportadas nos grãos do feijão, cvs. Ouro Negro e BRS-MG Talismã, em plantio direto e convencional, bem como suas respectivas percentagens em relação ao acúmulo máximo.

Considerando-se as quantidades médias exportadas pelos grãos nos quatro experimentos, verifica-se que a ordem decrescente foi $N > K > Ca > P > Mg > S$ (Tabela 10), sendo os N e o K os macronutrientes mais exportados pelo feijoeiro. Este resultado coincide com grande parte de outros encontrados na literatura (Galo & Miyasaka, 1961; Haag et al., 1967; Cobra Netto et al., 1971; Mafra et al., 1974; El-Husny, 1992; Malavolta & Lima Filho, 1997). Entretanto, discorda de outros (Galo & Miyasaka, 1961; Haag et al., 1967, Cobra Netto et al., 1971; Mafra et al., 1974; Malavolta & Lima Filho, 1997; El-Husny, 1992), no que diz respeito ao terceiro e último macronutriente mais exportado.

Em termos de percentagem do absorvido, o N apresentou maior exportação (80%) e o Ca, menor exportação (20%). Os demais macronutrientes apresentaram exportações intermediárias, variando entre 42% e 69% (Tabela 9).

Os valores médios parecem indicar ainda que a cv. Talismã apresentou exportação de Ca equivalente ao dobro da apresentada pela cv. Ouro Negro (Tabela 10), fato que já havia sido observado com a extração do nutriente (Tabela 8).

Com relação aos sistemas de plantio, as médias indicam que as exportações de N, P, K e S foram favorecidas no plantio direto, enquanto a de Ca foi maior no sistema convencional (Tabela 10).

TABELA 10 Exportação de macronutrientes nas cv. Ouro Negro e BRS-MG Talismã, em plantio direto (PD) e plantio convencional (PC) (kg.ha⁻¹) e respectivas % de exportação em relação ao acúmulo máximo, em função de épocas de coleta. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Cultivar	Sistema	N	(%)	P	(%)	K	(%)	Ca	(%)	Mg	(%)	S	(%)
ON		84,65	85	9,17	92	37,41	46	5,76	16	5,19	37	5,16	74
T		89,44	76	7,43	53	37,64	46	11,65	23	5,83	49	5,62	56
	PD	113,29	80	12,66	84	49,93	48	5,75	13	5,80	34	6,10	68
	PC	60,08	80	3,94	44	25,12	48	11,66	27	5,22	58	4,69	52
ON	PD	110,04	82	13,65	91	54,97	45	3,89	8	5,95	33	7,41	83
	PC	59,25	90	4,69	88	19,84	49	7,62	31	4,43	48	2,91	63
T	PD	116,53	78	11,66	80	44,88	53	7,61	20	5,65	37	4,78	60
	PC	62,35	75	3,19	24	30,39	48	15,69	25	6,01	68	6,46	54
Média		87,04	80	8,30	69	37,52	48	8,70	20	5,51	42	5,39	60

6 CONCLUSÕES

Os teores foliares médios de macronutrientes e as suas quantidades extraídas situaram-se nas faixas consideradas normais, exceto no caso do S, que situou-se bem abaixo.

A ordem decrescente de extração foi $N > K > Ca > Mg > P > S$, enquanto a de exportação foi $N > K > Ca > P > Mg > S$.

As extrações de N, P, K e Mg foram superiores no plantio direto, sistema em que o feijoeiro apresentou também maiores exportações de N, P, K e S.

A cv. Talismã apresentou maior extração e maior exportação de Ca que a cv. Ouro Negro, a qual mostrou maior teor foliar de K.

Os macronutrientes N, P, K, Mg e S foram absorvidos até os 70 a 80 dias após emergência, enquanto o Ca foi absorvido até os 59 dias.

A maior taxa de absorção de Ca ocorreu dos 29 aos 37 dias após a emergência. No caso dos demais macronutrientes, ela ocorreu entre 42 e 47 dias, exceto o S, o qual apresentou maior amplitude.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L.D.; BULISANI, E.A. Técnicas para aumentar a rentabilidade do feijoeiro. **Correio Agrícola** (Bayer), São Paulo, v. 1, p.236-43, 1980.

ANDRADE, M.J.B. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. **Revista Ceres**, v. 45, n. 257, p. 65-79, 1998.

ARF, O. et al. Efeito de doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6, Salvador, 1999. **Resumos expandidos**. Goiânia: EMBRAPA, 1999. p. 876-879.

BOARETO, A.E.; ROSOLEM, C.A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 669 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicos** (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro). Brasília: MARA, 1992. 84 p.

BRITO, M.M.P. **Marcha de absorção de nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação biológica em caupi (*Vigna uniculata* (L.) Walp.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada usando ¹⁵N**. 1992. 197 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

BULISANI, E.A. **Crescimento e absorção de nutrientes em cinco cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 150 p. 1994. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CABALLERO, S.V. et al. Utilização do fertilizante nitrogenado aplicado a uma cultura de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.9, p. 1031-1040, set. 1985.

COBRA NETTO, A. **Nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1967. 91 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

COBRA NETTO, A., ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.28, p. 257-274, 1971.

CULTIVAR de feijão Talismã. Sete Lagoas:UFLA/UFV/EMBRAPA/EPAMIG, 2002. Folder

DANTAS, J.P.; BERGAMIN FILHO, H.; MALAVOLTA, E. Estudo sobre a nutrição mineral do feijão massacar (*Vigna sinensis* L.) Endl. IV. Exigências de macro e micronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, USP, v. 36, p. 425-434, 1979.

EL-HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais pra a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do Norte de Minas Gerais**. 1992. 151 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FAGERIA, N.K.; SOUZA, N.P. Respostas das culturas de arroz e feijão em sucessão à adubação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n.3, p. 359-68, mar. 1995.

FEITOSA, C.T. et al. Adubação NP para o feijoeiro na presença e ausência de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 3, p. 156-159, 1980.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNADEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. **Frijol, investigación y producción**. Colômbia: CIAT, 1985. p. 61-80.

FRANZOTE, B.P. et al. Aplicação foliar de silício em feijoeiro comum. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 2005. p. 957-960.

GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. **Bragantia**, Campinas, v.20, n.40, p. 867-884, set. 1961.

HAAG, H.P. et al. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.26, n. 30, p. 380-391, set. 1967.

GARRIDO, M.A.T. et al. Crescimento, absorção iônica e produção do feijoeiro sob dois níveis de nitrogênio e três lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 187-194, jan./mar. 2000.

INFORMATIVO anual das comissões técnicas regionais de feijão: Cultivares de feijão recomendadas para o plantio no ano agrícola 1997/98. Goiânia: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Goiânia, 1997. n.5, 29 p.

LAVRAS. Prefeitura Municipal de Lavras. Secretaria de indústria, comércio, serviços e tecnologia. **Conheça Lavras**. Lavras, 1993. 97 p.

LOCALIZAÇÃO geográfica. Disponível em: <www.citybrasil.com.br>. Acesso em: 08 jan. 2006a.

LOCALIZAÇÃO geográfica. Disponível em: <www.funder.com.br>. Acesso em: 08 jan. 2006b.

MAFRA, R.C. et al. Efeito da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). IV – Absorção de nutrientes. **Experientiae**, v. 17, p. 217-239, 1974.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124p.

MALAVOLTA, E.; AMARAL, F.A.L. Nutritional efficiency of 104 bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.). **Coll. on Plant Analysis and Fertilizer Problems**, v. 2, p. 317, 1978.

MALAVOLTA, E.; LIMA FILHO, O.F. Nutrição e adubação do feijoeiro. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Tecnologia da produção de feijão irrigado**. Piracicaba:ESALQ, 1997. p. 22-51.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MORAES, J.F.V. Calagem e adubação. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 261-301.

OLIVEIRA, I.P.; DANTAS, J.P. Nutrição mineral do caupi. In: ARAÚJO, P.P.A.; WATT, E.E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 1988. 722 p.

RAIJ, B. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.;V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, p. 306-307.

ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 91 p. (Boletim Técnico, 8).

- ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R.S. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 375-390.
- ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. **Seja o doutor do seu feijoeiro**. Piracicaba: POTAFÓS, 1994. 16 p. (Informações Agronômicas, 68).
- SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE MINAS GERAIS. Sebrae-MG. **Lavras: diagnóstico municipal**. Belo Horizonte, 1998. 179 p.
- TELES NETO, M.S. **Feijão: caracterização fitotécnica, extração e exportação de macronutrientes**. 2001. 84 p. Dissertação (Mestre em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- TISDALE, S.L.; BEATON, J.D.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York: Mac Millan, 1985. 754 p.
- THUNG, M.D.T.; OLIVEIRA, I.P. **Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro e seus métodos de controle**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 1998. 172 p.
- VIEIRA, C. **Cultura do feijão**. Viçosa, MG: UFV, 1978. 146 p.
- VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no estado de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1998. p. 123-151.
- WESTERMANN, D.T. et al. Nitrogen sources for bean seed production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, p. 660-664, 1981.
- WILCOX, G.E.; FAGERIA, N.K. **Deficiências nutricionais do feijão: sua interpretação e correção**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAP, 1976. 22 p. (Boletim, 5).

CAPÍTULO IV
MARCHA DE ABSORÇÃO, EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE
MICRONUTRIENTES NAS Cvs. BRS-MG TALISMÃ E OURO NEGRO,
EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL

1 RESUMO

VIEIRA, Neiva Maria Batista . Marcha de absorção, extração e exportação de micronutrientes nas cultivares BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional. In:_____. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes nas cultivares BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional.** 2006. Cap. 4, . p. 104-145. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Com o objetivo de estudar o teor, o acúmulo, a marcha e a taxa de absorção e a exportação de micronutrientes no feijoeiro, foram conduzidos quatro experimentos de campo, com as cvs. Ouro Negro e BRS-MG Talismã, em plantio direto e convencional. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições e 11 ou 12 tratamentos ou épocas de coleta. Semanalmente, foram amostradas 20 plantas, das quais a parte aérea, decomposta em hastes, folhas, flores+vagens e grãos, foi seca em estufa com circulação de ar, triturada e enviada ao laboratório para determinação do teor de micronutrientes: Cu, Fe, Mn e Zn por meio da digestão com ácido nítrico e perclórico e determinados no extrato (Cu, Fe, Mn, Zn-espectrofotometria de absorção atômica) e B por incineração e determinação colorimétrica, pelo método da curcumina. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, com ajuste de curvas representativas da marcha de absorção, determinando-se os pontos de máxima absorção (extração) e taxa de acúmulo na parte aérea total e a exportação pelos grãos. Os teores de micronutrientes situaram-se dentro das faixas consideradas adequadas para o feijoeiro. Por volta dos 60 DAE, quase a totalidade do B, Fe e Mn já havia sido absorvida, enquanto com Cu e Zn isso ocorreu mais tarde, por volta dos 77 a 79 DAE. As quantidades extraídas de micronutrientes seguiram a seguinte ordem decrescente: Fe > Zn > Mn > B > Cu. O feijoeiro cultivado no sistema de plantio direto apresentou maior teor foliar e maior extração de cobre, em relação ao

*Comitê Orientador: Messias José Bastos de Andrade – UFLA (Orientador), Janice Guedes de Carvalho – UFLA e Augusto Ramalho de Moraes – UFLA.

sistema convencional. A cultivar Ouro Negro acumulou mais ferro que a Talismã. As maiores taxas de acúmulos de micronutrientes ocorreram entre 32 e 50 DAE, com exceção da cv. Ouro Negro, em plantio convencional, que apresentou as maiores taxas de acúmulo mais precocemente em relação aos demais ensaios. Quanto à exportação, as quantidades seguiram a seqüência $Fe > Zn > Mn > Cu > B$.

2 ABSTRACT

VIEIRA, Neiva Maria Batista . Micronutrients absorption, exportation an absorption march in bean cvs. BRS-MG Talismã and Ouro Negro cultivated, in no-tillage and conventional crop system. In:_____. **Growth and nutrients absorption march in bean cvs. BRS-MG Talismã and Ouro Negro cultivated in no-tillage and conventional crop system.** 2006. Cap. 4, p. 104-145. Dissertation (Master in Agronomy / Crop Science)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The objective of this research was to study the content, accumulation, absorption march and rate and exportation of micronutrients along the bean crop cycle. An experiment was set up in Lavras, MG, during the winter - spring 2002 crop season over a dystrophic red oxisol and other three were performed in Madre de Deus de Minas, MG, on the dry crop season of 2005 over a yellow-red anionic oxisol using bean of cvs. Ouro Negro and Talismã cultivated in no-tillage and conventional crop systems. Weekly, 20 plants had been sampled weekly and decomposed in stems, leaves, flowers + snap and grains which were oven dried (65 – 70°C with forced air circulation) until constant mass, soon after they had been triturated and sent to the Laboratory of Leaf Analysis of the Soil Science Department (UFLA) for determination of the micronutrients content: Cu, Fe, Mn and Zn were extracted by digestion by nitric and percloric acid and quantified in the extract (Cu, Fe, Mn, Zn – espectrophotometry of atomic absorption) and B by incineration and colorimetric determination by the curcumin method. The experiments were carried out in a randomized blocks design with three replications and 11 or 12 treatments or sampling times. Variance and regression analysis have been performed and representative curves of the absorption march were fitted and adjusted for the setting of the points of maximum absorption and accumulation rate in the all aerial parts and the exportation to the grains. The micronutrients contents were considered proper to bean. About the 60 DAE (Days After Emergence) almost all the B, Fe and Mn had already been absorbed, while Cu and Zn were absorbed later, about the 77-79 DAE. The amounts of absorbed micronutrients showed the following decreasing path: Fe> Zn> Mn> B> Cu. Under no-tillage crop system it could be verified a greater absorption of Cu in relation to the conventional bean crop system. The cv. Ouro Negro had shown a higher Fe accumulation in relation to the cv. Talismã. The highest accumulation rates of micronutrients were observed between the 32 and 50 DAE, exception for the cv. Ouro Negro, in conventional

* Guidance Committee: Messias José Bastos de Andrade – UFLA (Adviser), Janice Guedes de Carvalho – UFLA and Augusto Ramalho de Moraes – UFLA.

crop system which presented the highest rates earlier. In relation to the amounts of micronutrients exported, the sequence were Fe> Zn> Mn> Cu> B.

3 INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados aos micronutrientes são, na sua maioria, recentes e relativamente escassos, fato que encontra plena justificativa, uma vez que o seu estudo mais detalhado passou a ser feito apenas a partir de 1930, quando eles foram reconhecidos como elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas.

Os micronutrientes atuam em vários processos metabólicos nos vegetais, geralmente como constituintes ou ativadores enzimáticos. Alguns influenciam diretamente no processo fotossintético (Fe, Cu e Mn) e respiratório (Fe, Cu, Mn e Zn) ou participam do metabolismo do N (Fe e Mo). O B está envolvido na divisão celular, no crescimento e na formação da parede celular, na síntese de proteínas e no transporte e na fosforilação dos carboidratos, possuindo ainda importante função na lignificação e diferenciação do xilema e no transporte de sacarose através da membrana celular (Malavolta et al., 1997; Thung & Oliveira, 1998).

Na atual agricultura brasileira, produtividade, eficiência, lucratividade e sustentabilidade são aspectos da maior relevância. Neste contexto, os micronutrientes passaram a ser utilizados de modo mais rotineiro nas adubações (Lopes, 1999).

No caso do feijoeiro, as faixas críticas mais utilizadas para diagnose foliar são as propostas por Wilcox & Fageria (1976) e Malavolta (1992), que variam de 30 a 60 ppm de B, 10 a 20 ppm de Cu, 100 a 450 ppm de Fe, 30 a 300 ppm de Mn e 20 a 100 ppm de Zn. Com relação aos teores adequados na matéria seca de todas as folhas do feijoeiro, coletadas na época do florescimento, Raj et al. (1996) citam os seguintes valores: B=15-26; Cu=4-20; Fe=40-140; Mn=15-100; Zn=18-50 mg.kg⁻¹. Valores inferiores ao nível crítico indicam carência

nutricional e necessidade de correção, enquanto valores superiores indicam toxicidade (Ferreira et al., 2004).

Trabalhando com a cv. Carioca em casa de vegetação, El-Husny (1992) determinou que a extração de micronutrientes pelo feijoeiro obedeceu à seguinte ordem decrescente: Fe, Mn, B, Zn e Cu. Quanto à exportação, a sequência, em relação à quantidade, em ordem decrescente foi a seguinte: Fe, Zn, Mn, B e Cu. Estudo com a cv. Ouro Negro em casa de vegetação mostrou que o acúmulo de micronutrientes, em ordem decrescente, foi $Mn > Fe > Zn > B > Cu$ (Andrade, 1997b). Por outro lado, Andrade (1997a), estudando em casa de vegetação as limitações nutricionais de quatro tipos de solo para a cv. Carioca-MG, verificou que a ordem decrescente de exportação de micronutrientes foi $Zn > Cu > B > Mn$ nos solos Glei Pouco Húmico e Orgânico, $Cu > Zn > Mn > B$ no solo Glei Húmico e $Cu > Zn > B > Mn$ no solo Aluvial.

As quantidades totais extraídas pela cv. Carioca, planta inteira, no trabalho de El Husny (1992), foram estimadas em 200 g ha^{-1} de B, 60 g ha^{-1} de Cu, 1290 g ha^{-1} de Fe, 530 g ha^{-1} de Mn e 115 g ha^{-1} de Zn. As quantidades exportadas nos grãos, por sua vez, equivaleram às percentagens de 20%, 33%, 27%, 13% e 60%, respectivamente, para B, Cu, Fe, Mn e Zn.

Quanto à marcha de absorção, Batista et al. (1975), trabalhando com a cv. Rico 23, observaram que o plantio das águas determinou maior absorção de micronutrientes que o da seca, principalmente entre 40 e 60 dias após a emergência (DAE) das plântulas. Estes autores acrescentam que Cu e o B foram absorvidos em todo ciclo vegetativo, enquanto que Zn e Mn foram absorvidos até os 40 dias, ou seja, até o período que antecede a formação das vagens.

De acordo com Epstein (1972), a absorção de micronutrientes pelo vegetal depende, entre outros fatores, do estágio de desenvolvimento da planta e da atividade metabólica desse micronutriente.

O meio ambiente também representa importante papel na absorção, uma vez que a disponibilidade deles depende de uma série de fatores relacionados, inclusive o manejo da cultura (Lopes & Carvalho, 1988; Ferreira & Cruz, 1991). Por razões óbvias, a cultivar empregada, com todas as suas características de sistema radicular e ciclo, dentre outras, também é fator determinante na absorção.

Como a maioria dos trabalhos sobre o tema foi conduzida já há alguns anos, com cultivares pouco produtivas ou não mais utilizadas pelos produtores, o objetivo do presente trabalho foi estudar a marcha e a taxa de absorção, a extração e a exportação de micronutrientes das cultivares BRS-MG Talismã e Ouro Negro, em plantio direto e convencional.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Clima e solo

O estudo constou de quatro experimentos de campo. O primeiro deles, conduzido com a cv. Talismã em sistema convencional, foi instalado em área do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em um Latossolo Vermelho Distroférico típico (Embrapa, 1999), na safra do inverno-primavera de 2002. Lavras situa-se na região sul de Minas Gerais, a 21°14' de latitude Sul e 45°00' de longitude Oeste (Brasil, 1992), com níveis altimétricos entre 822 e 1.259 m em relação ao nível do mar e topografia caracterizada pela dominância de um relevo colinoso (Sebrae, 1998). Seu clima encontra-se no limite entre Cwb e Cwa, caracterizando clima temperado a temperado subtropical com inverno seco, segundo a descrição de Köppen (Lavras, 1993). A temperatura média do mês mais quente é de 26,1°C e do mês mais frio, 14,8°C, com média anual de 19,4°C. A precipitação anual é de 1.529,7 mm, com cerca de 70% desse total concentrados entre novembro e março. A evaporação total do ano é, em média, 1.034,3 mm, e a umidade relativa média anual do ar é de 76,2% (Brasil, 1992).

Os outros três ensaios foram instalados na Fazenda Ouro Fino, município de Madre de Deus de Minas, em um Latossolo Vermelho Amarelo ácrico (Embrapa, 1999), na safra de verão-outono (ou da seca) de 2005. Madre de Deus de Minas, também no sul de Minas, situa-se a 21°28'56" de latitude Sul e 44°19'47" de longitude Oeste (Localização geográfica, 2006a), com níveis altimétricos entre 973 m e 1.280 m (Localização geográfica, 2006b), altitude média de 1.018 m em relação ao nível do mar e topografia suavemente ondulada (Localização geográfica, 2006a). Seu clima é do tipo Cwb, caracterizando clima mesotérmico com verões quentes e invernos secos, segundo a descrição de

Köppen. A temperatura média do mês mais quente é de 21,82°C e do mês mais frio, 16,03°C, sendo a média anual de 19,6± 0,6°C. A precipitação anual é de 1.517,0±168 mm, com cerca de 93% desse total concentrados entre outubro e abril (Estação Climatológica Principal de Lavras). Os experimentos desta safra foram conduzidos com a cv. Ouro Negro, em plantio direto e convencional, e com a cv. BRS-MG Talismã em plantio direto.

As ocorrências diárias de temperatura, umidade relativa e precipitação pluvial, durante o período de condução dos experimentos, estão registradas nas Figuras 1 e 2.

Os valores resultantes da análise química de amostras de material dos solos, coletadas à profundidade de 0 a 20 cm, antes da semeadura do feijão, são apresentados na Tabela 1.

4. 2 Cultivares utilizadas

Como já mencionado, foram utilizadas as cultivares BRS-MG Talismã e a Ouro Negro. A cv. Talismã, desenvolvida pelo convênio UFLA/UFV/EPAMIG/EMBRAPA e recomendada para Minas Gerais, apresenta grãos tipo carioca, crescimento indeterminado com guias longas (tipo III), porte prostrado, ciclo médio de 85 dias, resistência à raça alfa brasil (patótipo 89) de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e ao mosaico comum (VMCF) e resistência intermediária à mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) (Cultivar, 2002). A cultivar Ouro Negro, de grãos pretos e também recomendada para Minas Gerais, apresenta hábito de crescimento indeterminado com guias longas (tipo III), porte prostrado, ciclo normal, alta capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio, resistência à ferrugem e antracnose e tolerância ao frio (Informativo..., 1997).

TABELA 1. Resultados da análise química de amostras de material dos solos utilizados (camada 0 a 20 cm). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Características	Lavras	Madre de Deus de Minas	
	Plantio convencional	Plantio direto	Plantio convencional
pH em H ₂ O (1:2,5)	5,3 AcM	5,9 AcM	5,6 AcM
P mg dm ⁻³ (1)	15,0 B	5,2 Ba	0,9MBa
K mg dm ⁻³ (1)	61,0 M	98,0 B	39,0 Ba
Ca cmolc dm ⁻³ (2)	1,8 M	4,3 MB	2,3 M
Mg cmolc dm ⁻³ (2)	0,5 M	1,7 MB	1,3 B
Al cmolc dm ⁻³ (2)	0,2 Ba	0,0 MBa	0,0 MBa
H + Al cmolc dm ⁻³ (3)	4,5 M	3,2 M	4,0 M
SB (soma de bases) cmolc dm ⁻³	2,5 M	6,3 MB	3,7 B
t (CTC efetiva) cmolc dm ⁻³	2,7 M	6,3 B	3,7 M
T (CTC a pH=7,0) cmolc dm ⁻³	7,0 M	9,4 B	7,7 M
Saturação por alumínio (m) %	8,0 MBa	0,0M Ba	0,0 MBa
Saturação por bases (V) %	35,3 Ba	66,1 B	48,1 M
S mg dm ⁻³ (4)	44,8 MB	12,8 MB	10,8 MB
Matéria orgânica dag kg ⁻¹ (5)	1,8 M	2,1 M	2,2 M
Zn mg dm ⁻³ (1)	14,5 A	13,1 A	2,4 A
Fe mg dm ⁻³ (1)	42,0 B	78,9 A	89,2 A
Mn mg dm ⁻³ (1)	19,0 A	12,3 A	7,5 M
Cu mg dm ⁻³ (1)	3,7 A	1,9 A	2,6 A
B mg dm ⁻³ (6)	0,3 Ba	0,4 M	0,3 Ba

* Análises realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA e interpretação de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 5ª. aproximação (Ribeiro et al., 1999). (1) Extrator Mehlich, (2) Extrator KCl 1 N, (3) Extrator SMP, (4) Extrator fosfato monocalcico em ácido acético, (5) Oxidação:Na₂Cr₂O₇ 4N+H₂SO₄ 10 N, (6) Extrator água quente, AcM=acidez média, MBa=muito baixo, Ba=baixo, M=médio, B=bom, MB=muito bom, A=alto.

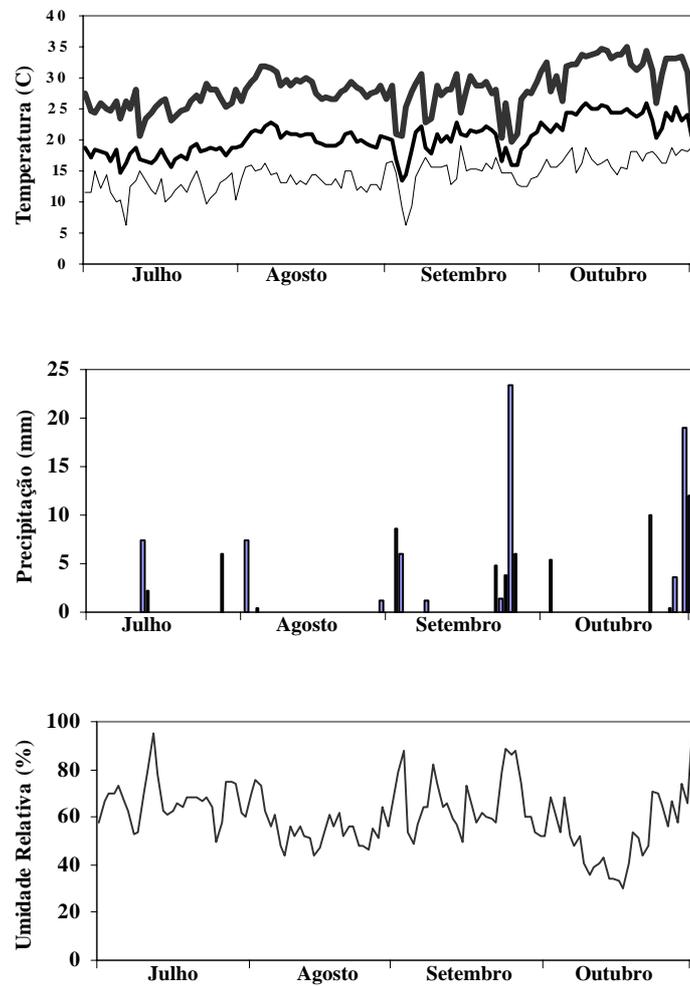


FIGURA 1. Variação diária das médias de temperaturas (máxima, média e mínima), precipitação pluvial e umidade relativa do ar no período de julho a outubro de 2002 (dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras, MG, situada no “campus” da UFLA, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET). UFLA, Lavras, MG, 2006.

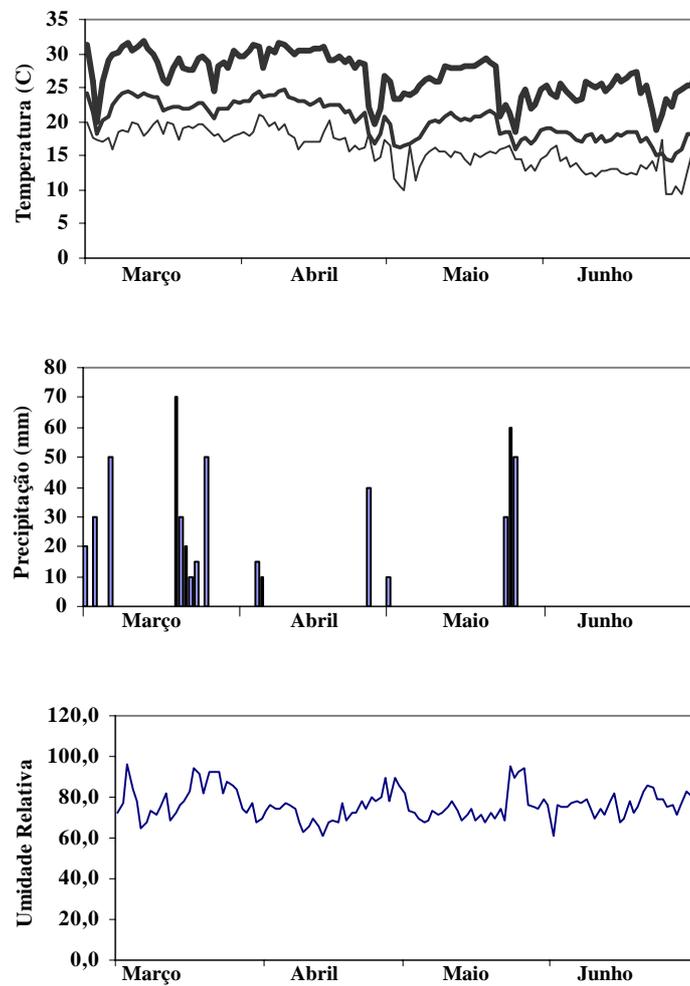


FIGURA 2. Variação diária das médias de temperaturas (máxima, média e mínima) e umidade relativa do ar (dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal de Lavras, MG, situada no “campus” da UFLA, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET) e precipitação pluvial no período de março a junho de 2005 (dados coletados na propriedade). UFLA, Lavras, MG, 2006.

4.3 Delineamento estatístico, tratamentos e características avaliadas

No estudo dos efeitos das cultivares e dos sistemas de plantio sobre os teores foliares por ocasião do florescimento (etapa R₆) e sobre a extração total de micronutrientes pela parte aérea, assumiu-se o delineamento estatístico de blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial 2 x 2 envolvendo as duas cultivares (Ouro Negro e Talismã) e os dois sistemas de plantio (Plantio Direto e Convencional).

No estudo da marcha de absorção, o delineamento estatístico foi o de blocos casualizados, com três repetições e onze tratamentos, ou épocas de coleta, no ensaio da cv. Ouro Negro em plantio convencional e doze épocas nos demais ensaios. A primeira coleta foi realizada aos 10 DAE para a cv. Ouro Negro em plantio direto, aos 12 DAE para a cv. BRS-MG Talismã em plantio direto, aos 5 DAE para a cv. Ouro Negro em plantio convencional e aos 7 DAE para a cv. BRS-MG Talismã em plantio convencional. Em cada coleta, feita de sete em sete dias, foram coletadas vinte plantas, que foram retiradas do campo por meio de um corte a 1 cm do solo, das quais a parte aérea foi, inicialmente, separada em hastes, folhas, flores + vagens e grãos. O material coletado foi seco em estufa com circulação de ar a 65 °C a 70°C, até peso constante. Posteriormente, as amostras foram trituradas para determinação do teor de micronutrientes contidos nas partes da planta, que foram enviadas para análise no Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Ciências do Solo da UFLA. Os teores de micronutrientes no material vegetal foram analisados quimicamente como se segue: Cu, Fe, Mn e Zn por meio da digestão com ácido nítrico e perclórico e determinados no extrato por espectrofotometria de absorção atômica e B por incineração e determinação colorimétrica, pelo método da curcumina, de acordo com Malavolta et al. (1997).

Para determinação do acúmulo dos micronutrientes, o teor de cada um dos nutrientes foi relacionado com o peso correspondente de matéria seca em

cada órgão, para ser obtido o modelo da distribuição e quantidade do nutriente na planta toda, transformado em acúmulo por hectare. A exportação foi determinada mediante a relação entre o teor de cada micronutriente contido no grão e o peso da matéria seca deste e as taxas de acúmulo foram calculadas a partir das equações ajustadas para o acúmulo de macronutrientes.

4.4 Detalhes da implantação e condução dos experimentos

No plantio direto, os ensaios foram instalados sob palhada de milho, estimada em 3.817,6 kg ha⁻¹ por meio de três amostragens com um quadro com 0,25 m² de área. A dessecação foi realizada quinze dias antes do plantio, com 2,5 kg de Roundup WG® por hectare. No plantio convencional, em ambas as localidades, o preparo do solo constou de uma aração e uma gradagem pesada. Não foi feita a correção do solo, com exceção do experimento da cv. Ouro Negro em plantio convencional (Madre de Deus de Minas), no qual foram aplicadas 4 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico. A adubação de plantio foi 400 kg.ha⁻¹ do formulado 08-28-16 (32 kg.ha⁻¹ de N, 112 kg.ha⁻¹ de P e 64 kg.ha⁻¹ de K) em Lavras e 500 kg.ha⁻¹ do formulado 10-30-10 (50 kg.ha⁻¹ de N, 150 kg.ha⁻¹ de P e 50 kg.ha⁻¹ de K) + micronutrientes (0,5 kg.ha⁻¹ Zn e 0,06 kg.ha⁻¹ de B) em Madre de Deus. Ainda, em Madre de Deus de Minas, quando as plantas se encontravam no estágio V₃/V₄ (Fernandez et al., 1985), foram aplicados, via foliar, 150g.ha⁻¹ de molibdato de sódio e realizada a adubação de cobertura, aplicando-se, mecanicamente, 200 kg ha⁻¹ do formulado 30-00-10 (60 kg de N + 20 kg de K₂O) em sulcos laterais às linhas de plantio, com incorporação. No experimento de Lavras, a adubação de cobertura foi feita manualmente e constou de 30 kg ha⁻¹ de N, fonte uréia.

Em Lavras, a semeadura foi manual, adotando-se a densidade de 16 sementes por metro e parcelas de quatro linhas de 5 m de comprimento, sendo a área útil constituída pelas duas linhas centrais. Em Madre de Deus de Minas,

foram utilizadas três glebas comerciais, semeadas mecanicamente com a densidade de 15 sementes por metro e as amostragens foram realizadas diretamente nos talhões. O espaçamento entre linhas foi sempre de 0,5 m.

Para controle das plantas daninhas, em Madre de Deus foi aplicada uma mistura de 300 ml de Flex® + 1L de Podium + 500 ml de óleo mineral Attach por hectare, enquanto que em Lavras, o controle foi manual, com enxadas. Os demais tratamentos culturais foram os normalmente dispensados à cultura na região. Os ensaios instalados em Madre de Deus não receberam irrigação e o ensaio de Lavras foi irrigado por aspersão convencional.

Por se tratar de área comercial, nos ensaios instalados em Madre de Deus de Minas foram adotados os mesmos procedimentos e tratamentos culturais utilizados pelo produtor.

4.5 Procedimentos estatísticos

Todos os dados foram submetidos à análise de variância, conforme os delineamentos adotados. Para a comparação entre as médias de cultivares e sistemas de plantio, foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No estudo da marcha de absorção, os teores de micronutrientes na parte aérea total e nos grãos foram submetidos também à análise de regressão, com ajuste do modelo cúbico. As épocas e as quantidades relacionadas à absorção máxima de micronutrientes pela planta toda, ou extração, foram estimadas com base nos modelos ajustados, da mesma forma que a exportação, esta última estimada com os modelos ajustados aos grãos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teores foliares de micronutrientes

Um resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos aos teores de micronutrientes nas folhas do feijoeiro por ocasião do pleno florescimento (etapa R₆) é apresentado na Tabela 2. A julgar pelos valores do coeficiente de variação, a precisão experimental foi compatível com a encontrada na literatura para estas variáveis (Andrade et al., 1998; Franzote et al., 2005). A interação cultivares x sistemas de cultivo mostrou-se significativa nos casos dos teores de B, Fe e Zn. Quanto aos demais micronutrientes, os teores de Cu foram influenciados pelos sistemas de plantio e os teores de Mn não foram alterados pelas fontes de variação (Tabela 2).

TABELA 2. Resumo (quadrados médios) da análise conjunta dos dados relativos aos teores foliares de micronutrientes, por ocasião do pleno florescimento (etapa R₆). UFLA, Lavras, MG, 2006.

FV	GL	QM				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cultivar (C)	1	187,94*	1,73	153497,06**	9,35	1696,23**
Sistemas (S)	1	372,41**	185,97**	55312,70	547,43	22,22
S X C	1	155,02*	1,08	212755,06**	97,19	1707,66**
Bloco	2	18,79	0,86	87580,67*	397,46	13,98
Erro	6	19,84	0,85	193,61	193,61	11,57
CV (%)		15,72	9,44	23,97	23,97	8,45

* Significativo, a 5%, pelo teste de F.

** Significativo, a 1%, pelo teste de F.

Na Tabela 3 são apresentados os teores médios dos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn, por ocasião do pleno florescimento (etapa R₆) pelas cvs. Ouro Negro e Talismã, nos dois sistemas de manejo (análise conjunta). Tomando-se as médias gerais dos quatro experimentos, pode-se constatar que os teores de Fe,

TABELA 3. Valores médios dos teores foliares de micronutrientes por ocasião do pleno florescimento (mg.kg^{-1}) das cultivares Ouro Negro (ON) e BRS-MG Talismã (T) em plantio direto (PD) e convencional (PC), em função de épocas de coleta. UFLA, Lavras, MG, 2006.⁽¹⁾

Cultivar	Sistema	B	Cu	Fe	Mn	Zn
ON		24,37	10,14	513,74	57,16	28,39
T		32,29	9,38	287,55	58,92	52,17
	PD	22,76	13,70 a	468,54	64,79	38,92
	PC	33,90	5,83 b	332,75	51,28	41,64
ON	PD	22,40	14,38	448,48	61,06	38,96
T		23,12	13,02	488,59	68,52	38,88
ON	PC	26,35 b	5,91	579,00 a	53,25	17,82 b
T		41,45 a	5,75	86,50 b	49,32	65,46 a
ON	PD	22,40	14,38 a	448,48	61,06	38,96 a
	PC	26,35	5,91 b	579,00	53,25	17,82 b
T	PD	23,12 b	13,02 a	488,59 a	68,52	38,88 b
	PC	41,45 a	5,75 b	86,50 b	49,32	65,46 a
Média		28,32	9,76	400,64	58,04	40,28

⁽¹⁾Dentro de cada fator ou interação, médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Mn e Zn situaram-se dentro das faixas consideradas adequadas por Wilcox & Fageria (1976), Malavolta (1992) e Raij et al. (1996). Considerando apenas Raij et al. (1996), B e Cu também satisfizeram esta condição (Tabela 3). Os teores médios encontrados podem ainda ser considerados compatíveis com os obtidos em Lavras por Kikuti (2004) com a cv. Talismã, em experimentos de campo.

Os teores de B no primeiro experimento (cv. BRS-MG Talismã, plantio convencional) mostraram-se bem superiores aos demais experimentos, o que pode ter resultado na significância da interação cultivares x sistemas de cultivo. Os maiores teores de B, na cv. Talismã em plantio convencional, nos desdobramentos da interação (Tabela 3) foram, portanto, decorrentes desta variação, que ocorreu mesmo na presença de baixo teor de B ($0,3 \text{ g.dm}^{-3}$) no solo (Tabela 1).

Com relação aos teores de Cu, as cvs. Ouro Negro e BRS-MG Talismã mostraram teores muito próximos, respectivamente, 10,14 e 9,38 mg.dm⁻³. Em se tratando dos sistemas de plantio, entretanto, o plantio direto proporcionou maior teor foliar de Cu (Tabela 3), que não apresentou relação com os teores do nutriente na análise de solo (Tabela 1).

O primeiro experimento (cv. BRS-MG Talismã, plantio convencional), da mesma forma ocorrida com o B, também apresentou teores discrepantes de Fe (Tabela 3). Mas, neste caso, o menor teor foliar pode ter sido influenciado pelo teor do micronutriente no solo, inferior aos das demais áreas (Tabela 1).

Os teores de Mn variaram pouco entre cultivares e sistemas de cultivo, não apresentando diferenças significativas (Tabela 3).

No caso do Zn, os teores foliares também se mostraram proporcionais aos teores do solo, ainda que todos os solos tenham sido classificados como contendo altos teores de Zn (Tabela 1). A ordem decrescente dos teores foliares de Zn apresentados foi a mesma no solo: Talismã convencional > Ouro Negro plantio direto = Talismã plantio direto > Ouro Negro plantio convencional.

5.2 Acúmulo de micronutrientes

Um resumo da análise de variância conjunta dos dados relativos ao acúmulo de micronutrientes no feijoeiro é apresentado na Tabela 4. Nesta análise, observa-se que o acúmulo de B foi estimado com menor precisão (CV = 46,27%) que os demais micronutrientes (valores de CV entre 14% e 22%). A interação cultivares x sistemas de plantio mostrou-se significativa no caso dos acúmulos de Cu, Mn e Zn. Cultivares e sistemas de cultivo influenciaram o acúmulo de Fe, enquanto o acúmulo de B não foi afetado, provavelmente, em função da menor precisão experimental.

TABELA 4. Resumo (quadrados médios) da análise de variância conjunta dos dados relativos ao acúmulo de micronutrientes na parte aérea do feijoeiro, na coleta mais próxima ao acúmulo máximo estimado. UFLA, Lavras, MG, 2006.

FV	GL	QM				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cultivar (C)	1	385,67	0,03	101669,23*	1718,89	19605,32**
Sistemas (S)	1	2134,13	6442,19**	116611,73**	174,50	16780,63**
C X S	1	2384,87	592,77**	37722,77	7476,02	31925,96**
Bloco	2	1381,22	119,58	60009,65	943,68	2,78
Erro	6	1852,97	47,54	13940,08	907,58	675,45
CV (%)		46,27	14,18	17,13	21,94	15,42

* Significativo, a 5%, pelo teste de F.

** Significativo, a 1%, pelo teste de F.

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios do acúmulo de micronutrientes na parte aérea do feijoeiro (análise conjunta), obtidos na coleta mais próxima ao ponto de máximo acúmulo estimado, que será discutido mais adiante.

Considerando-se as médias gerais da Tabela 5, verificou-se que, à exceção do Zn, os acúmulos observados no presente trabalho foram inferiores aos estimados por El-Husny (1992), respectivamente, 200 g.ha⁻¹ de B, 60 g.ha⁻¹ de Cu, 1290 g.ha⁻¹ de Fe, 530 g.ha⁻¹ de Mn e 150 g.ha⁻¹ de Zn. Deve-se registrar, entretanto, que este autor trabalhou em vasos, em condições controladas, extrapolando para 1 ha (240 mil plantas) a partir de um tratamento com adubação completa (ideal), enquanto que, no presente trabalho, os dados foram obtidos a campo.

Apesar do acúmulo de B ter variado de 59,52 a 114,39 g.ha⁻¹ de B, não foram detectadas diferenças significativas entre cultivares ou entre sistemas de cultivo (Tabela 5), provavelmente devido à baixa precisão experimental, como já mencionado.

TABELA 5. Valores médios do acúmulo de micronutrientes na parte aérea do feijoeiro (g.ha⁻¹) cvs. Ouro Negro (ON) e BRS MG – Talismã (T) em plantio direto (PD) e convencional (PC). Dados obtidos na coleta mais próxima ao acúmulo máximo estimado. UFLA, Lavras, MG, 2006.⁽¹⁾

Cultivar	Sistema	B	Cu	Fe	Mn	Zn
ON		86,96	48,57	781,26 a	125,31	128,07
T		98,30	48,68	597,17 b	149,25	208,91
	PD	105,96	71,80 a	1001,04 a	141,10	205,89
	PC	79,29	25,46 b	377,39 b	133,47	131,10
ON	PD	114,39	78,77 a	1037,02	154,09	217,05
T		97,53	64,82 b	965,06	128,10	194,73
ON	PC	59,52	18,37 b	525,50 a	96,54 b	39,10 b
T		99,06	32,54 a	29,28 b	170,40 a	223,10 a
ON	PD	114,39	78,77 a	1037,02 a	154,09	217,05 a
	PC	59,52	18,37 b	525,50 b	96,54	39,10 b
T	PD	97,53	64,82 a	965,06 a	128,10	194,73
	PC	99,06	32,54 b	229,28 b	170,40	223,10
Média		92,63	48,63	689,21	137,28	168,49

⁽¹⁾Dentro de cada fator ou interação, médias seguidas por diferentes letras diferem significativamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os valores do acúmulo de Cu na parte aérea (Tabela 5), da mesma forma que os teores foliares do micronutriente (Tabela 3), não pareceram apresentar correspondência com os teores de Cu no solo. Acompanhando a tendência verificada em relação aos teores de Cu, o plantio direto também proporcionou maior acúmulo de Cu na parte aérea do feijoeiro (Tabela 5).

Os resultados relacionados ao acúmulos de Fe mostram que a cultivar Ouro Negro superou a BRS-MG Talismã (Tabela 5), a qual, no experimento de Lavras, em plantio convencional, apresentou teor e acúmulo de Fe bem inferior aos demais experimentos. Em síntese, houve diferença entre as cultivares, mas este efeito sofreu a interferência do sistema de plantio, via teor de Fe no solo, daí a interação significativa cultivares x sistema de cultivo.

Com relação ao Mn, os resultados não foram muito consistentes, já que houve diferença de acúmulo entre as cultivares apenas no desdobramento dentro do sistema convencional (Tabela 5).

No caso do Zn, o acúmulo na parte aérea se mostrou proporcional ao teor de Zn no solo, da mesma forma discutida para os teores do micronutriente nas folhas, mantendo, inclusive, a mesma ordem decrescente dos tratamentos: Talismã plantio convencional > Ouro Negro plantio direto = Talismã plantio direto > Ouro Negro plantio convencional.

5.3 Marcha de absorção de micronutrientes

As análises de variância dos dados relativos à marcha de absorção dos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn, em cada um dos quatro experimentos, estão resumidas na Tabela 6. Pode-se observar, inicialmente, que os valores do coeficiente de variação (CV%) indicaram boa precisão experimental, com exceção do acúmulo de Fe, Mn e B no experimento com a cv. Talismã em plantio convencional, mas esta baixa precisão ocorre com frequência em estudos desta natureza (Andrade et al., 1998, Franzote et al., 2005). Em ambas as cultivares, nos dois sistemas de plantio, entretanto, houve efeito significativo das épocas de coleta (Tabela 6).

TABELA 6. Análise de variância do acúmulo de micronutrientes nas cvs. Ouro Negro (ON) e BRS-MG Talismã (T), em plantio direto (PD) e convencional (PC), em função de épocas de coleta. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Ensaio	FV	GL	QM				
			B	Cu	Fe	Mn	Zn
ON	Época	11	4343,91**	2578,71**	315221,77**	6942,87**	15927,45**
	Bloco	2	9,01	12,44	12166,26	781,95	110,50
PD	Erro	22	100,22	36,16	30587,81	377,40	254,51
	CV(%)		18,64	14,86	27,80	23,27	14,33
T	Época	11	2797,10**	2029,59**	253661,32**	5335,40**	13982,81**
	Bloco	2	265,97	30,64	29844,13	698,71*	642,71*
PD	Erro	22	174,09	14,32	35184,83	137,31	131,03
	CV(%)		27,85	10,32	29,68	14,16	11,38
ON	Época	10	854,77**	131,86**	138,8663,60**	2247,06**	410,57**
	Bloco	2	172,01*	29,83*	7129,66	496,95*	199,34**
PC	Erro	20	46,94	6,54	5649,77	87,07	20,04
	CV(%)		21,30	24,47	15,17	17,36	18,64
T	Época	11	6088,69**	550,76**	76644,46**	11063,37**	21838,85**
	Bloco	2	719,64	0,09	398,63	519,63	183,86
PC	Erro	22	571,70	1,45	9022,85	878,73	114,93
	CV(%)		37,79	6,97	47,47	32,23	8,57

* Significativo, a 5%, pelo teste de F.

** Significativo, a 1%, pelo teste de F.

Nas Figuras 3, 5, 7 e 9 estão representadas as equações ajustadas à marcha de absorção dos micronutrientes em cada um dos experimentos e pode-se observar que, a julgar pelos valores do coeficiente de determinação, também houve bom ajuste do modelo cúbico utilizado. As curvas de taxa de acúmulo são apresentadas nas Figuras 4, 6, 8 e 10.

As estimativas das épocas de máximo acúmulo, bem como das quantidades máximas acumuladas de cada um dos micronutrientes, são apresentadas na Tabela 7.

5.3.1 Boro

O máximo acúmulo de B ocorreu, nos diferentes experimentos, entre 56 e 71 DAE (Figuras 3, 5, 7 e 9), com média de 66 DAE (Tabela 7), um pouco além do encontrado por Batista et al. (1975), os quais determinaram maior acúmulo dos 40 aos 60 DAE.

As quantidades máximas acumuladas variaram de 45 a 117 g ha⁻¹, com média de 87 g ha⁻¹ de B (Tabela 7). Estes valores são inferiores ao estimado por El Husny (1992) em vasos, a partir de um tratamento com adubação ideal (completa) e supondo-se uma população de 240 mil plantas ha⁻¹, que alcançou 200g ha⁻¹ de B. No presente trabalho, realizado a campo, o teor de B no solo se encontrava de baixo a médio, caracterizando, portanto, uma situação inferior à de casa de vegetação.

As máximas taxas de absorção de B, com exceção da cv. Ouro Negro em sistema convencional, cujos dados foram mais discrepantes, ocorreu, entre 39 e 43 DAE e alcançou, neste estágio, de 2,06 a 3,15 g ha⁻¹ dia⁻¹ (Figuras 4, 6, 8 e 10; e Tabela 8).

5.3.2 Cobre

O Cu, de modo semelhante ao Zn, apresentou o máximo acúmulo bem mais tarde que os demais micronutrientes, por volta do 79^o dia (Tabela 7 e Figuras 3, 5, 7 e 9), sendo que, na cv. Ouro Negro, em plantio convencional, o máximo acúmulo foi estimado fora do espaço experimental.

Ainda quanto à época de maior acúmulo, apresentou pequenas variações nas diferentes cultivares e sistemas de plantio. As quantidades máximas acumuladas situaram-se em torno de 73 g ha⁻¹ no plantio direto e 27 g ha⁻¹ no sistema convencional (Tabela 7), que pareceu ser influenciado pela área de primeiro ano de Madre de Deus, onde foi instalado o experimento com a cv. Ouro Negro (Tabela 1). Apesar destas influências, o acúmulo máximo foi, em média, da ordem de 50g ha⁻¹.

Excluindo-se os dados da cv. Ouro Negro em plantio convencional, pode-se verificar que as maiores taxas de acúmulo de Cu ocorreram entre 44 e 50 DAE sendo, nesta fase, da ordem de 0,76 a 1,91 g ha⁻¹ dia⁻¹ (Figuras 4, 6, 8 e 10; e Tabela 8).

5.3.3 Ferro

O Fe é, via de regra, o micronutriente mais absorvido pelas plantas, principalmente em solos de cerrado, os quais apresentam altos teores nativos, como os das áreas de Madre de Deus de Minas (Tabela 1). Verifica-se que, mesmo em Lavras, onde o solo apresentava baixo teor de Fe (Tabela 1), a absorção máxima ainda foi relativamente alta (Tabela 7).

O acúmulo máximo de Fe, que ocorreu entre 56 e 73 DAE, alcançou a média de 717 g ha⁻¹ (Figuras 3, 4, 5, 6 e 7; e Tabela 7). As taxas máximas de absorção ocorreram aos 32 DAE na cv. Ouro Negro, em plantio direto (32,05 g.ha⁻¹.dia⁻¹), e aos 41 DAE na cv. Talismã, em plantio convencional (41,17 g.ha⁻¹.dia⁻¹). Na cv. Ouro Negro, em plantio convencional, ela ocorreu logo no 1^o.

DAE e na cv. Talismã, em plantio direto ela ocorreu, de acordo com dados estimados, antes mesmo da emergência (Figuras 4, 6, 8 e 10 e Tabela 8).

5.3.4 Manganês

O máximo acúmulo de Mn, que ocorreu entre 54 e 69 DAE nos quatro experimentos (Figuras 3, 5, 7 e 9; e Tabela 7), somente se mostrou reduzido (81 g ha^{-1}) na área de primeiro ano de Madre de Deus de Minas, apesar do alto nível do nutriente no solo (Figura 1). Nas demais áreas, o acúmulo máximo se aproximou da média dos experimentos, da ordem de 126 g ha^{-1} (Tabela 7).

As taxas de máximo acúmulo variaram dos 18 aos 19 DAE ou dos 35 aos 39 DAE, com valores da ordem de $2,07$ a $4,16 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (Figuras 4, 6, 8 e 10 e Tabela 8).

5.3.5. Zinco

Como já mencionado, o Zn, assim como o Cu, teve seu máximo acúmulo mais tarde, por volta de 77 DAE, em média (Figuras 3, 5, 7 e 9 e Tabela 7), já praticamente no final do ciclo. O acúmulo máximo foi, em média, da ordem de 161 g ha^{-1} (Tabela 4) e o valor mais discrepante ocorreu também no experimento com a cv. Ouro Negro em plantio convencional (Figura 5), ou seja, na área de primeiro ano utilizada em Madre de Deus de Minas (Tabela 1). Neste ensaio, particularmente, a taxa de Zn apresentou-se quase constante durante todo o ciclo, apresentando menor taxa aos 48 DAE (Figura 12).

As taxas de máximo acúmulo, com exceção do experimento já citado, ocorreram entre 40 e 49 DAE, variando de $3,64$ a $5,01 \text{ g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (Figuras 4, 6, 8 e 10 e Tabela 8).

Estes resultados diferem dos obtidos por Batista et al. (1975) com a cv. Rico 23, porque estes autores determinaram maior absorção de micronutrientes dos 40 aos 60 DAE. No presente trabalho, verificou-se que Cu e Zn foram

absorvidos durante todo o ciclo, somente atingindo máximo acúmulo por volta dos 80 DAE. Os demais micronutrientes, B, Fe e Mn, embora tenham atingido o máximo acúmulo antes daquela época, o fizeram com mais de 60 dias, dos 61 aos 66 DAE.

Considerando-se tanto os dados da Tabela 5 como os da Tabela 7, verifica-se que, em média, a ordem decrescente de absorção, extração e acúmulo dos micronutrientes foi $Fe > Zn > Mn > B > Cu$. Esta seqüência difere da observada por El-Husny (1992), quanto à ordem dos três nutrientes intermediários, mas concorda quanto aos micronutrientes mais absorvidos (Fe) e menos absorvidos (Cu).

Em relação à seqüência encontrada por Batista et al. (1975), os quais trabalharam apenas com quatro micronutrientes, difere na ordem do Mn e do Zn, mas concorda com a ordem dos menos absorvidos $B > Cu$.

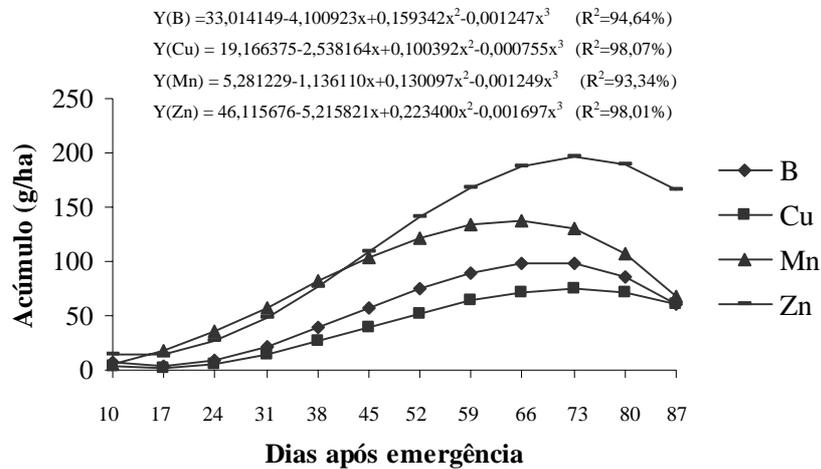


FIGURA 3. Marcha de absorção de micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn) pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio direto, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

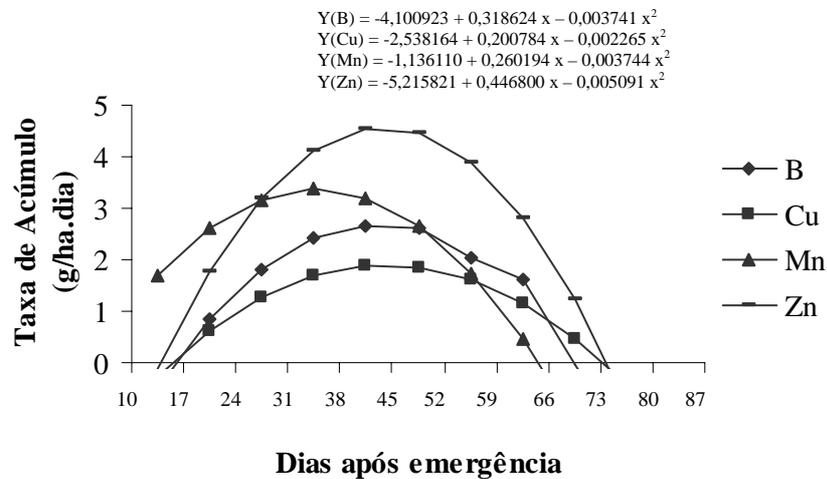


FIGURA 4. Taxa de acúmulo de micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn) ($g \cdot ha^{-1} \cdot dia^{-1}$) em função de dias após emergência em plantio direto, cv. Ouro Negro. Madre de Deus de Minas, seca 2005. UFLA, Lavras, MG, 2006.

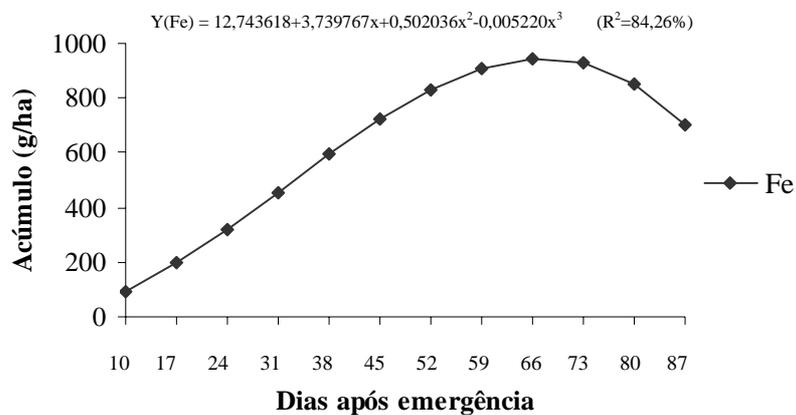


FIGURA 5. Marcha de absorção do micronutriente Fe pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio direto, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

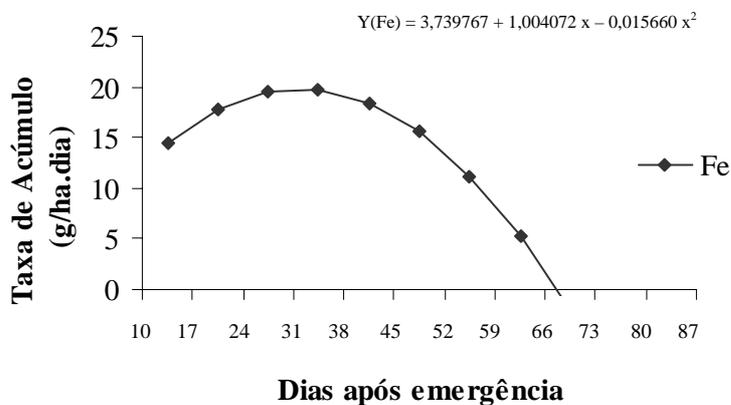


FIGURA 6. Taxa de acúmulo do micronutrientes Fe (g.ha⁻¹.dia⁻¹) em função de dias após emergência em plantio direto, cv. Ouro Negro. Madre de Deus de Minas, seca 2005. UFLA, Lavras, MG, 2006.

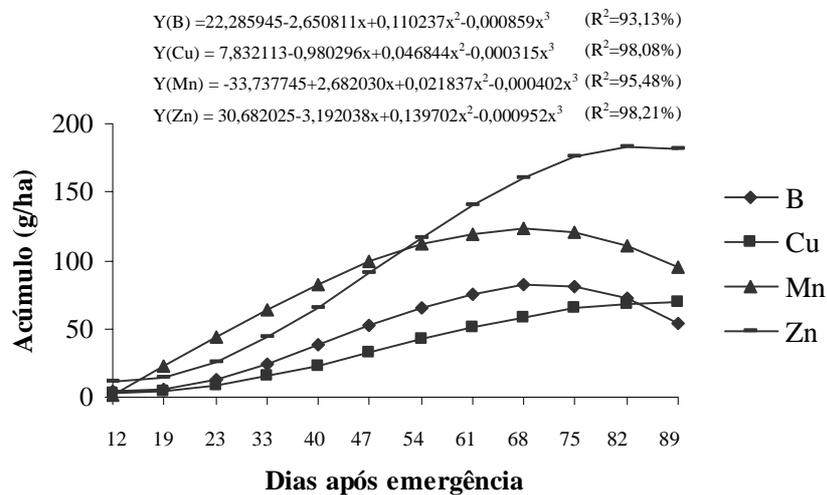


FIGURA 7. Marcha de absorção de micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn) pelo feijoeiro cv. BRS-MG Talismã, em plantio direto, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

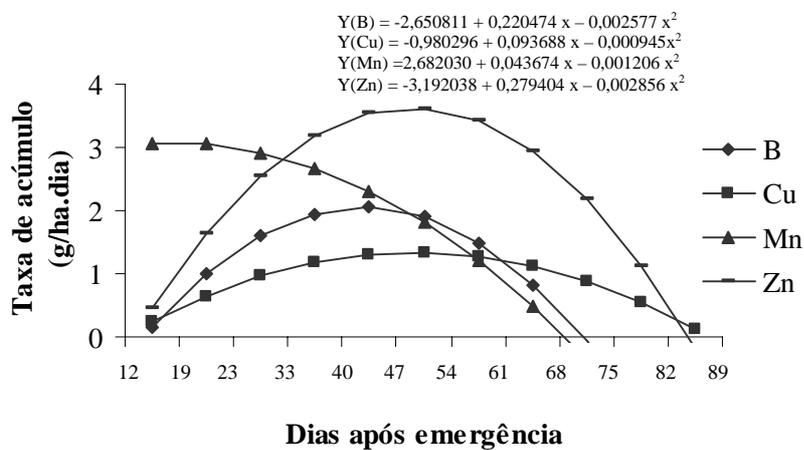


FIGURA 8. Taxa de acúmulo de micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn) ($g \cdot ha^{-1} \cdot dia^{-1}$) em função de dias após emergência em plantio direto, cv. BRS-MG Talismã. Madre de Deus de Minas, seca 2005. UFLA, Lavras, MG, 2006.

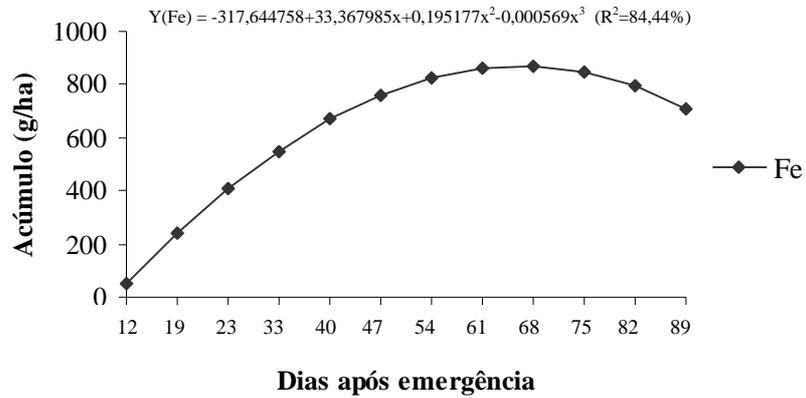


FIGURA 9. Marcha de absorção do micronutriente Fe pelo feijoeiro cv. BRS-Talismã, em plantio direto, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

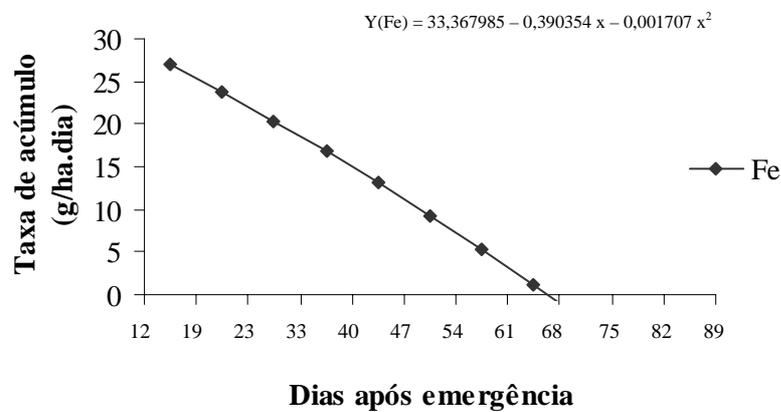


FIGURA 10. Taxa de acúmulo do micronutriente Fe ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) em função de dias após emergência em plantio direto, cv. BRS-MG Talismã. Madre de Deus de Minas, seca 2005. UFLA, Lavras, MG, 2006.

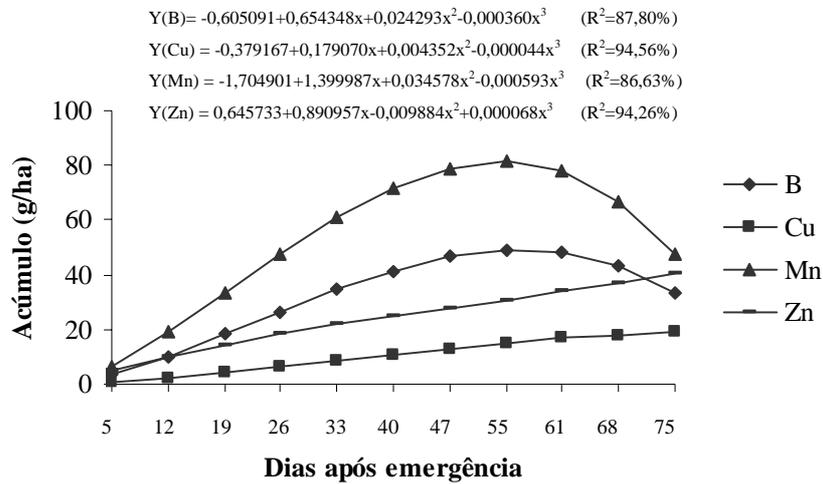


FIGURA 11. Marcha de absorção de micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn) pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

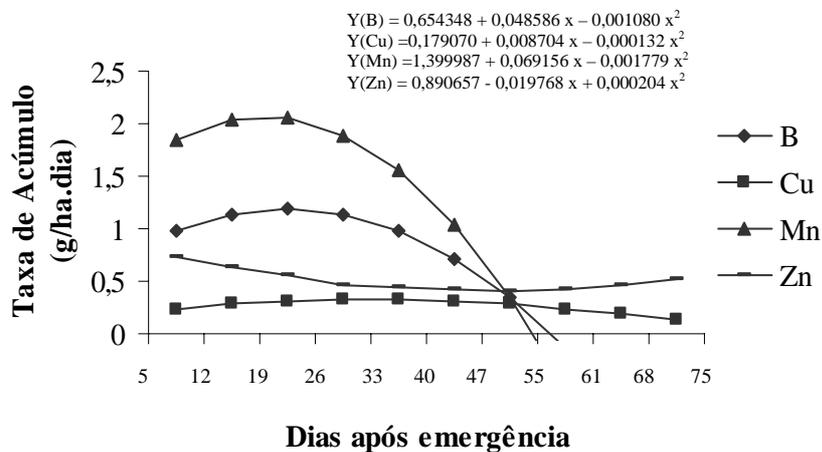


FIGURA 12. Taxa de acúmulo de micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn) ($g \cdot ha^{-1} \cdot dia^{-1}$) pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

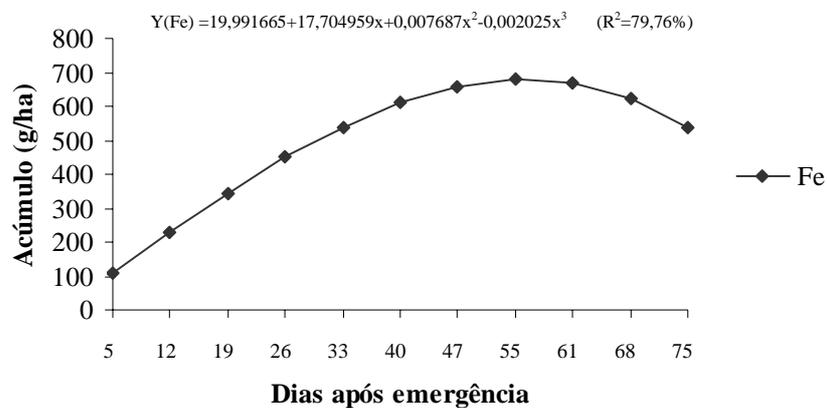


FIGURA 13. Marcha de absorção do micronutriente Fe pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

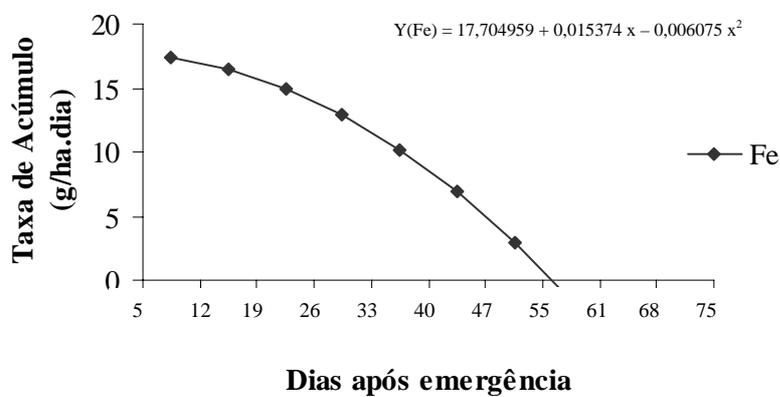


FIGURA 14. Taxa de acúmulo do micronutriente Fe ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) pelo feijoeiro cv. Ouro Negro, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

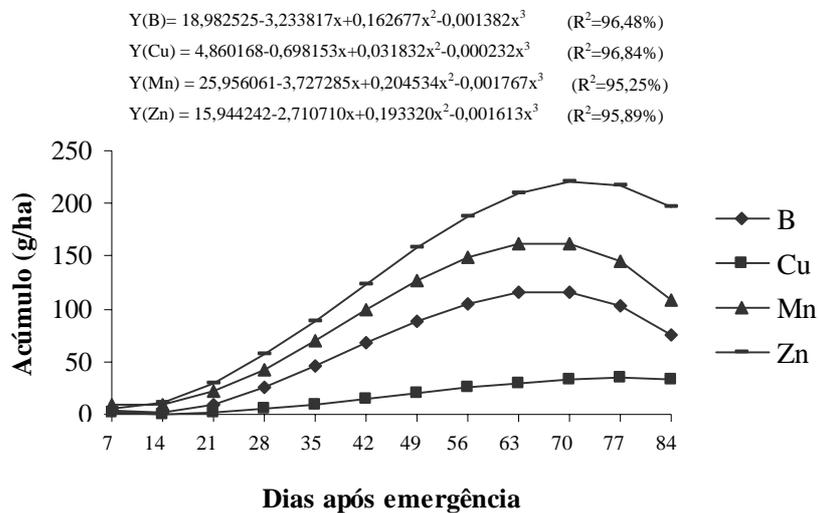


FIGURA 15. Marcha de absorção de micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn) pelo feijoeiro cv. BRS-MG Talismã, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

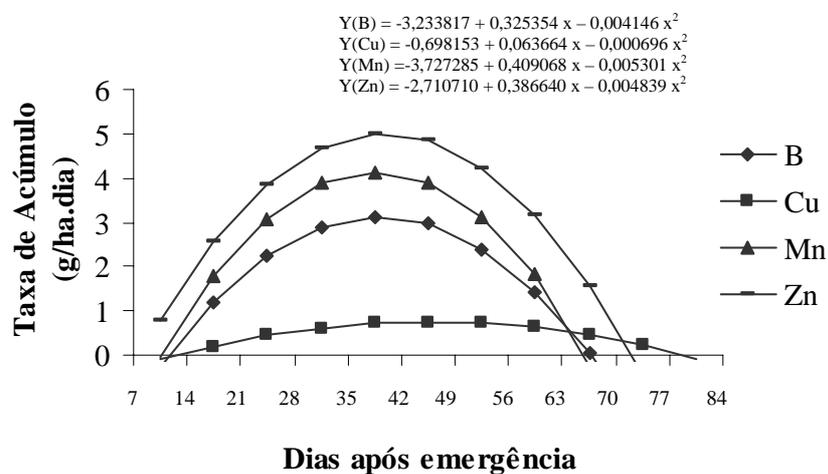


FIGURA 16. Taxa de acúmulo de micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn) ($\text{g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) pelo feijoeiro cv. BRS-MG Talismã, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

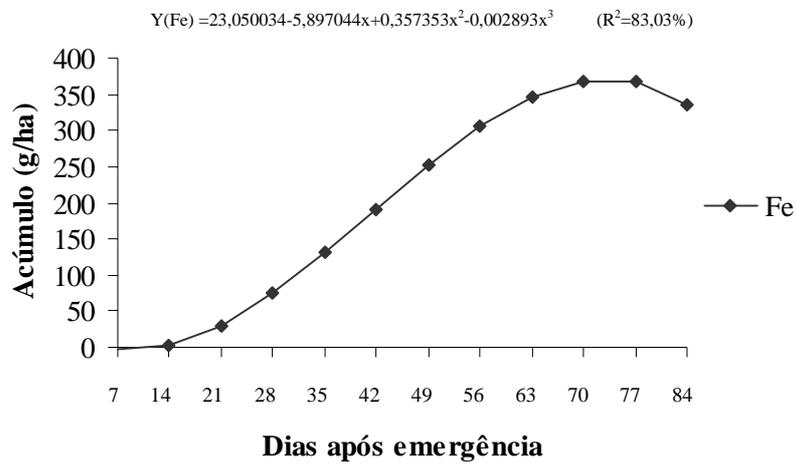


FIGURA 17. Marcha de absorção do micronutriente Fe pelo feijoeiro cv. BRS-MG Talismã, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

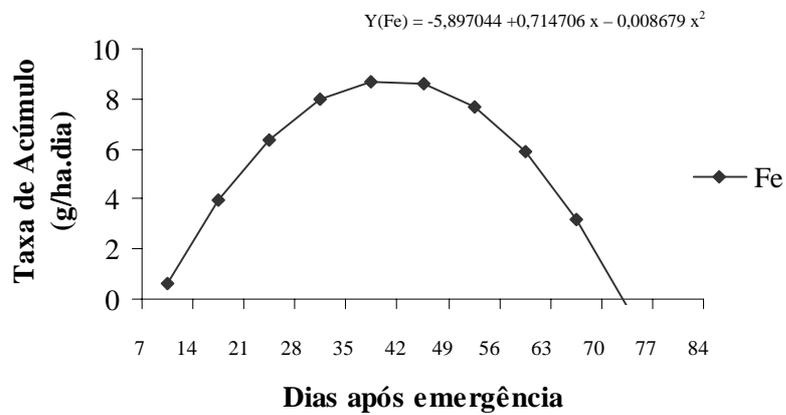


FIGURA 18. Taxa de acúmulo do micronutriente Fe ($\text{g} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) pelo feijoeiro cv. BRS-MG Talismã, em plantio convencional, durante o ciclo cultural. UFLA, Lavras, MG, 2006.

TABELA 7. Épocas de máximo acúmulo (DAE) e quantidades máximas (g ha^{-1}) dos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn acumuladas pelas cv. Ouro Negro (ON) e Talismã (T), em plantio direto (PD) e convencional (PC). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Cultivar	Sistema	Ciclo	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
			DAE	g.ha^{-1}								
ON	PD	87	69	99	73	75	68	947	65	138	74	196
	PC	75	56	49	75	19	56	680	54	81	75	41
T	PD	89	71	82	87	70	66	871	69	123	85	184
	PC	84	67	117	79	34	73	371	67	163	72	221
ON		81	63	74	74	47	62	814	60	110	75	119
T		87	69	100	83	52	70	621	68	143	79	203
	PD	88	70	91	80	73	67	909	67	131	80	190
	PC	80	62	83	77	27	65	526	61	122	74	131
Média		84	66	86	79	50	66	717	64	126	77	161

TABELA 8. Épocas de máxima taxa de acúmulo (DAE) e quantidades máximas ($\text{g ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) dos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn acumuladas pelas cv. Ouro Negro (ON) e Talismã (T), em plantio direto (PD) e convencional (PC). UFLA, Lavras, MG, 2006.

Cultivar	Sistema	Ciclo	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
			DAE		DAE		DAE		DAE		DAE	
ON	PD	87	43	2,69	44	1,91	32	19,83	35	3,38	44	4,58
	PC	75	22	1,20	33	0,32	01	17,71	19	2,07	*	*
T	PD	89	43	2,06	50	1,34	*	*	18	3,08	49	3,64
	PC	84	39	3,15	46	0,76	41	8,82	39	4,16	40	5,01
ON		81	33	1,95	39	1,12	17	19	27	2,73	46	4,58
T		87	41	2,61	48	1,05	*	*	29	3,62	45	4,33
	PD	88	43	2,38	47	1,63	*	*	27	3,23	47	4,11
	PC	80	31	2,18	40	0,54	21	13,27	29	3,12	44	5,01
Média		84	37	2,28	43	1,08	25	15,45	28	3,17	45	4,41

* Interpretação prejudicada por se tratar de pontos de máximo localizados fora do espaço experimental.

5.4 Exportação de micronutrientes

Na Tabela 9 estão resumidas as quantidades de micronutrientes exportadas no grão do feijão cvs. Ouro Negro e BRS-MG Talismã em plantio direto e convencional, bem como suas respectivas percentagens em relação ao acúmulo máximo.

Considerando-se as quantidades médias exportadas pelo grão nos quatro experimentos, verifica-se que a ordem decrescente foi $Fe > Zn > Mn > Cu > B$ (Tabela 8). El-Husny (1992) havia determinado a ordem $Fe > Zn > Mn > B > Cu$, diferindo, portanto, apenas quanto à ordenação dos dois nutrientes menos absorvidos.

Em termos de percentagem do absorvido, Zn e Cu apresentaram exportação equivalente a mais de 60% do absorvido, enquanto B, Fe e Mn situaram-se próximos a 30% do máximo absorvido.

TABELA 9. Exportação de micronutrientes nas cv. Ouro Negro e BRS-MG Talismã, em plantio direto (PD) e convencional (PC) (g.ha⁻¹) e respectivas % de exportação em relação ao acúmulo máximo. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Cultivar	Sistema	B	(%)	Cu	(%)	Fe	(%)	Mn	(%)	Zn	(%)
ON		22,89	32	30,07	64	263,83	32	28,00	27	79,74	68
T		23,95	24	35,16	68	273,76	44	41,74	29	124,89	62
	PD	28,10	31	46,28	63	360,72	40	41,20	31	124,25	65
	PC	18,74	23	18,94	70	176,87	34	28,54	25	80,38	62
ON	PD	30,36	31	45,64	61	331,06	35	35,34	26	127,02	65
	PC	15,42	34	14,50	75	196,59	29	20,66	30	32,47	83
T	PD	25,84	31	46,92	67	390,38	45	47,06	38	121,48	66
	PC	22,05	20	23,37	69	157,14	42	36,42	22	128,29	58
Média		23,42	27	32,61	65	268,79	37	34,87	28	102,32	64

6 CONCLUSÕES

Os teores de micronutrientes situaram-se dentro das faixas consideradas adequadas para o feijoeiro.

Por volta dos 60 DAE, quase a totalidade do B, Fe e Mn já havia sido absorvida, enquanto com Cu e Zn isto ocorreu mais tarde, por volta dos 77 a 79 DAE.

As quantidades extraídas de micronutrientes seguiram a seguinte ordem decrescente: Fe > Zn > Mn > B > Cu.

O feijoeiro cultivado no sistema de plantio direto apresentou maior teor foliar e maior extração de cobre em relação ao sistema convencional. A cultivar Ouro Negro acumulou mais ferro que a cv. Talismã.

As maiores taxas de acúmulos de micronutrientes ocorreram entre 32 e 50 DAE, com exceção da cv. Ouro Negro, em plantio convencional, que apresentou as maiores taxas de acúmulo mais precocemente em relação aos demais ensaios.

Quanto à exportação, as quantidades seguiram a seqüência Fe > Zn > Mn > Cu > B.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C.A.B. **Limitações de fertilidade e efeito do calcário para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de várzea do sul de Minas Gerais.** 1997a, 107 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG

ANDRADE, W.E.B. **Limitações nutricionais para a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) e do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em cultivo sucessivo em solo de várzea da região norte fluminense.** 1997b. 125 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRADE, M.J.B. et al. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. **Revista Ceres**, v. 45, n. 257, p. 65-79, 1998.

BATISTA, C.M.; BRUNE, W.; BRAGA, J.M. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): V-Absorção de micronutrientes. **Experimentiae**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 33-57, 1975.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas** (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro). Brasília: MARA, 1992. 84 p.

CULTIVAR de feijão Talismã. Sete Lagoas: UFLA/UFV/EMBRAPA/EPAMIG, 2002. Folder

EL-HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais pra a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo do Norte de Minas Gerais.** 1992. 151p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, 1999. 412 p.

EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives.** New York: J. Wiley, 1972. 412 p.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo em la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNADEZ, F.; SCHOOWHOVEN, A. **Frijol, investigación y producción.** Colômbia: CIAT, 1985. p. 61-80.

FERREIRA, A.C.B.; ANDRADE, M.J.B.; ARAÚJO, G.A.A. Nutrição e adubação do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, v. 25, n. 224, p. 61-72, 2004.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFÓS, 1991. 734 p.

FRANZOTE, B.P. et al. Aplicação foliar de silício em feijoeiro comum. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, 2005. p. 957-960.

INFORMATIVO anual das comissões Técnicas regionais de feijão: Cultivares de feijão recomendadas para o plantio no ano agrícola 1997/98. Goiânia: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. n. 5, 29 p.

KIKUTI, H. **Resposta do feijoeiro (cv. BRS-MG Talismã) a doses de nitrogênio e fósforo**. 2004. 124 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

LAVRAS. Prefeitura Municipal de Lavras. Secretaria de indústria, comércio, serviços e tecnologia. **Conheça Lavras**. Lavras, 1993. 97 p.

LOCALIZAÇÃO geográfica. Disponível em: <www.citybrasil.com.br>. Acesso em: 08 jan. 2006a.

LOCALIZAÇÃO geográfica. Disponível em: <www.funder.com.br>. Acesso em: 08 jan. 2006b.

LOPES, A. S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência** agrônômica. São Paulo: ANOA, 1999. 70 p. (Boletim Técnico, 8).

LOPES, A.S.; CARVALHO, J.G. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1988, Londrina. **Anais...** Campinas: EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p. 133-78.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

RAIJ, B. et al (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.;V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 306-307.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE MINAS GERAIS. Sebrae-MG. **Lavras**: diagnóstico municipal. Belo Horizonte, 1998. 179 p.

THUNG, M.D.T.; OLIVEIRA, I.P. **Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro e seus métodos de controle**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 1998. 172 p.

WILCOX, G.E.; FAGERIA, N.K. **Deficiências nutricionais do feijão, sua interpretação e correção**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAP, 1976. 22 p. (Boletim, 5).