

**SÉRGIO HENRIQUE CARNEIRO**

**SENSIBILIDADE DAS ANÁLISES FOLIAR E DE SOLO AO ACÚMULO DE  
NUTRIENTES EM PLANTAS DE SOJA COM DISTINTAS PRODUTIVIDADES DE  
GRÃOS**

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

Orientador: Júlio César Lima Neves

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2022**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

C215s  
2022

Carneiro, Sérgio Henrique, 1995-

Sensibilidade das análise foliar de solo ao acúmulo de  
nutrientes em plantas de soja com distintas produtividades de  
grãos / Sérgio Henrique Carneiro. – Viçosa, MG, 2022.

1 dissertação eletrônica (113 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Júlio César Lima Neves.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Agronomia, 2022.

Referências bibliográficas: f. 101-109.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.359>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Soja - Nutrição. 2. Soja - Rendimento - Análise.  
3. Análise foliar. 4. Solos - Análise. I. Neves, Júlio César Lima,  
1955-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.  
III. Título.

CDD 22. ed. 633.348911

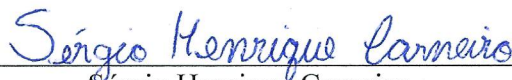
**SÉRGIO HENRIQUE CARNEIRO**

**SENSIBILIDADE DAS ANÁLISES FOLIAR E DE SOLO AO ACÚMULO DE  
NUTRIENTES EM PLANTAS DE SOJA COM DISTINTAS PRODUTIVIDADES DE  
GRÃOS**

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

APROVADA: 6 de abril de 2022.

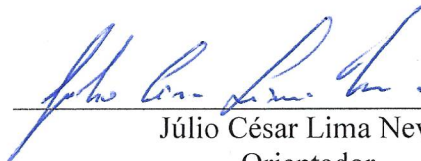
Assentimento:



---

Sérgio Henrique Carneiro

Autor



---

Júlio César Lima Neves

Orientador

*Aos meus pais, Sérgio e Adriana,  
minha irmã Lorena,  
minha avó Didi (in memoriam)  
e ao meu afilhado João Lucas,*

*Com gratidão e orgulho,*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Sérgio e Adriana, por todo apoio e suporte que permitiram que eu conseguisse realizar todos meus sonhos.

A minha irmã Lorena e a todos meus familiares, “os Carneiros e os Balaios”, que sempre me incentivaram a buscar o melhor.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Agronomia e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia pela oportunidade de estudo e por toda infraestrutura que tive acesso durante o meu mestrado.

Agradeço também ao Departamento de Solos, onde tive a oportunidade de iniciar minha carreira científica durante minha graduação, que foi imprescindível para a minha formação.

Ao professor e orientador Júlio César Lima Neves, pela confiança, dedicação, paciência e todos os ensinamentos que contribuíram para meu treinamento.

A professora Hermínia Emília Prieto Martinez, por todo apoio e por suas contribuições que foram imprescindíveis.

Ao Núcleo de Estudos e Pesquisa em Fitotecnia – NEPFit e o Grupo de Estudos de Fertilizantes- GeFert, grupos que tive o prazer de participar durante o meu mestrado e que contribuíram de forma imensurável para minha formação.

Aos meus amigos da Viçosa, que estiveram comigo em todos os momentos e tornaram essa jornada mais prazerosa. Um grande abraço: Naiara Souza, Manoel Nelson, Gabriel Vilela, Franciele Oliveira, Luciana Zacour, Bruna Machado, Aloísio Ribeiro e Carol Ferreira.

As amigadas de minha cidade natal, por todo incentivo e por terem me aguentado nos últimos meses. Um grande abraço: Higor Silva, Bruno Nardy, Ana Claudia e Júlia Gomes, Micaelly Motta, Thainá Barcellos e Isabela Duarte.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

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

## RESUMO

CARNEIRO, Sérgio Henrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2022. **Sensibilidade das análises foliar e de solo ao acúmulo de nutrientes em plantas de soja com distintas produtividades de grãos.** Orientador: Júlio César Lima Neves.

Para a manutenção de altas produtividades de lavouras de soja um importante fator de produção é a adoção de adequado programa de adubação, que permita uma boa nutrição para as plantas. Assim, objetivou-se: avaliar a influência do acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) sobre os teores de nutrientes na folha e no grão de lavouras de soja com diferentes produtividades; avaliar atributos da fertilidade dos solos sob as lavouras de soja com distintas produtividades e acúmulo diferencial de N, P, K, Ca e Mg; estabelecer valores de referência para a avaliação de balanço e equilíbrio de nutrientes; diagnosticar nutricionalmente as lavouras de soja com as normas nutricionais obtidas. Para isso, foram utilizados dados de lavouras de soja cultivados no estado de Mato Grosso, Brasil, abrangendo cinco anos-agrícolas sucessivos. Os dados foram separados em três faixas de produtividade (baixa, intermediária e alta). Em cada faixa, avaliou-se quais lavouras possuíam acúmulo 30 % inferiores (percentis 1, 2 e 3) e 30% superiores (percentis 8, 9 e 10) de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea. Para cada grupo de acúmulo e de forma isolada para cada nutriente, foi avaliada a influência do acúmulo sobre seu teor e sobre os teores de enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B) na folha; Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos de soja e sobre os teores de MOS, P, K, Ca e Mg no solo. Esse procedimento foi realizado para todo o banco de dados e para as cultivares mais frequentes. As normas nutricionais foram estabelecidas com base nas populações que combinam alta produtividade com os menores acúmulos de N, P, K, Ca e Mg. Para cada um desses nutrientes, e para cada variável, as médias dos valores nas lavouras com os menores e com os maiores acúmulos foram comparadas pelo teste T e as suas variâncias foram comparadas pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. O acúmulo diferencial de N, P, K, Ca e Mg influenciou, isoladamente, o teor foliar dos mesmos na população geral, resultado que não se repetiu totalmente nas três cultivares avaliadas. Os teores de Cu e Fe no grão não foram influenciados pelo acúmulo de nutrientes e os teores de Mg foram superiores na população geral de menor acúmulo de nutrientes. A cultivar Pintado apresentou padrão de teores de nutrientes no grão semelhantes ao da população geral para o acúmulo de N e K. Os resultados indicam que as diferenças nos acúmulos de N, P, Ca e Mg na parte aérea não estão ligadas a disponibilidade de nutrientes nos solos e sim a eficiência de uso de nutrientes,

enquanto o menor acúmulo de K, pode estar relacionado com a disponibilidade de nutrientes no solo. Foi possível estabelecer normas nutricionais específicas e os diagnósticos realizados com essas normas apontaram Ca, Mg, Cu e Mn como os nutrientes mais frequentemente deficientes e com maior potencial de resposta positiva à adubação.

Palavras-chave: Soja. Nutrição mineral. Normas nutricionais. Acúmulo diferencial.

## ABSTRACT

CARNEIRO, Sérgio Henrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2022. **Sensitivity of leaf and soil analysis to nutrient accumulation in soybean plants with different grain yields.** Adviser: Júlio César Lima Neves.

For the maintenance of high productivity of soybean crops, an important factor of production is the adoption of an adequate fertilization program allowing a good nutrition for the plants. Therefore, the objectives were: to evaluate the influence of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) accumulation on leaf and grains nutrient contents of soybean crops with different yields; to evaluate soil fertility attributes under soybean crops with different yields and different accumulation of N, P, K, Ca and Mg; to establish reference values to evaluate the nutrients balance; to nutritionally diagnose soybean crops with the nutritional norms obtained. For this, it was used the data from soybean crops cultivated in the state of Mato Grosso, Brazil, covering five successive agricultural years. The data were separated in three productive ranges (low, intermediate, and high). In each range, it was evaluated which crops had 30% lower (percentiles 1, 2 and 3) and 30% higher (percentiles 8, 9 and 10) accumulation of N, P, K, Ca and Mg in the shoot. To each accumulation group and separately to each nutrient, it was evaluated the influence of the accumulation on its content and on the content of sulfur (S), copper (Cu), iron (Fe), zinc (Zn), manganese (Mn) and boron (B) in the leaf; Cu, Fe, Zn, Mn and B in soybean grains and on the contents of SOM, P, K, Ca and Mg in the soil. This procedure was performed for the entire database and for the most frequent cultivars. The nutritional norms were established based on the populations which combine high productivity with lower accumulation of N, P, K, Ca and Mg. To each of these nutrients, and to each variable, the media values in the crops with the lowest and the highest accumulations were compared by the T test and their variances were compared by the F test, at the level of 5% of probability. The differential accumulation of N, P, K, Ca and Mg has influenced, singly, their leaf content in the general population, a result which has not been fully repeated in the three cultivars evaluated. The contents of Cu and Fe in the grain were not influenced by the nutrients accumulation, and the contents of Mg were superior in the general population with lower nutrient accumulation. The Pintado cultivar presented a pattern on nutrients contents in the grain similar to the general population for the accumulation of N and K. The results show that the difference in the accumulation of N, P, Ca and Mg in the shoot are not connected to the availability of the nutrients in the soil, but to the efficiency of the nutrient



use, while the lower accumulation of K may be related with the availability of the nutrients in the soil. It was possible to establish specific nutritional norms and the diagnoses performed with these norms indicated that Ca, Mg, Cu and Mn were the most frequently deficient nutrients and with the greatest potential for a positive response to fertilization.

Keywords: Soybean. Mineral nutritional. Nutritional norms. Differential Accumulation

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Obtenção do banco de dados.....	16
3.2. Análise da sensibilidade da análise foliar.....	16
3.3. Análise de atributos da fertilidade do solo.....	17
3.4. Obtenção das normas nutricionais específicas.....	18
3.5. Diagnose nutricional.....	19
3.5.1. Índices balanceados de Kenworthy.....	19
3.5.2. Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS).....	20
3.5.3. Diagnose da composição nutricional (CND).....	21
3.6. Análises estatísticas.....	23
4. RESULTADOS.....	24
4.1. Sensibilidade da análise foliar e influência do acúmulo de N, P K, Ca e Mg na parte aérea nos teores de nutrientes nos grãos.....	24
4.1.1. População geral.....	24
4.1.1.1. Teores foliares.....	24
4.1.1.2. Teores dos nutrientes nos grãos.....	28
4.1.2. Teores foliares nas cultivares mais frequentes.....	33
4.1.2.1. Uirapuru.....	33
4.1.2.2. Tucano.....	38
4.1.2.3. Pintado.....	43
4.1.3. Teores de nutrientes nos grãos das cultivares mais frequentes.....	48
4.1.3.1. Uirapuru.....	48
4.1.3.2. Tucano.....	53
4.1.3.3. Pintado.....	58
4.2. Teores de MOS, P, K, Ca e Mg no solo.....	63
4.2.1. População geral.....	63
4.2.2. Cultivares mais frequentes.....	68
4.2.2.1. Uirapuru.....	68
4.2.2.2. Tucano.....	73
4.2.2.3. Pintado.....	78
4.3. Normas nutricionais específicas.....	83
4.3.1. Índices Balanceados de Kenworthy (IBK).....	83

4.3.2.	Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS).....	84
4.3.3.	Diagnose da Composição Nutricional (CND) .....	86
4.3.4.	Teores foliares .....	86
4.3.5.	Teores no grão .....	87
4.3.6.	Atributos da Fertilidade do Solo .....	87
4.4.	Diagnose do estado nutricional das lavouras .....	88
4.4.1.	Índices Balanceados de Kenworthy .....	88
4.4.2.	Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS).....	90
4.4.3.	Diagnose da Composição Nutricional (CND) .....	91
5.	DISCUSSÃO.....	93
6.	CONCLUSÕES .....	100
	REFERÊNCIAS .....	101
	APÊNDICE A .....	110
	APÊNDICE B.....	112

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente o maior produtor e exportador de soja (*Glycine max* L. Merrill) do mundo. Os plantios de soja no Brasil ocuparam uma área de aproximadamente 36,9 milhões de hectares, com uma produção de 124,845 milhões de toneladas de grãos na safra 19/20. Segundo o levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento, apesar de problemas climáticos, houve um aumento na área plantada e na produção de soja. A área cultivada com soja cresceu 4,2 %, totalizando uma área de 38,5 milhões de hectares e a produção cresceu 8,9 %, totalizando 135,9 milhões de toneladas de grãos na safra de 20/21 (CONAB, 2021; USDA, 2021).

No manejo de culturas agrícolas, visando a obtenção de altas produtividades são comumente utilizadas duas estratégias, não excludentes e sim complementares: adaptar o solo à planta e adaptar a planta ao solo.

Em solos que possuem baixa fertilidade, a primeira estratégia é utilizada visando corrigir os solos, com uso de corretivos e fertilizantes para que se criem condições propícias para o desenvolvimento adequado das culturas. Considerando que o custo de produção da lavoura de soja vem aumentando, sendo que, em média, na safra 19/20 foi gasto um montante de 2788,04 R\$/ha cultivado (um aumento de 15 % em relação à safra 18/19) e que junto a isso o gasto com fertilizantes nos plantios de soja vem aumentando (26 % dos custos totais da lavoura na safra 19/20, um aumento de 2,4 % em comparação com a safra anterior), práticas que propiciem o uso racional de fertilizantes se apresentam como opções interessantes a serem utilizadas (APROSOJA BRASIL, 2020). Apesar do gasto com fertilizante ser alto em algumas regiões, a manutenção de um bom programa de fertilização é de extrema importância para que se mantenha a cultura bem nutrida e permita que ela expresse o seu potencial genético e consequente manutenção de altos níveis de produtividade (EMBRAPA, 2020).

A segunda estratégia é a identificação de materiais genéticos que sejam mais eficientes na utilização de fatores de produção, propiciando a utilização de materiais que sejam mais adaptados às condições presentes no local de plantio. Assim, a identificação e uso de cultivares que produzam maior quantidade de biomassa de grãos com menor quantidade de nutrientes acumulados é uma estratégia que pode reduzir o gasto com fertilizantes (BALIGAR; FAGERIA; HE, 2001).

Para a manutenção de altas produtividades é necessário a adoção de um adequado programa de fertilização, que permita uma boa nutrição para as plantas. Uma planta bem nutrida

é aquela em que os nutrientes se encontram balanceados e equilibrados, ou seja, que possui quantidades adequadas de nutrientes e que os mesmos se encontram em equilíbrio entre si, respectivamente. A falta do atendimento ao balanço e ao equilíbrio adequados pode levar a perdas na produção (FAGERIA, 2001).

Uma importante estratégia para se avaliar o estado nutricional de uma planta é a utilização da análise foliar, de modo complementar à análise de solo. A análise foliar é feita por meio do uso de uma folha índice recém madura, com alta taxa metabólica e permite a avaliação do status nutricional da planta, auxiliando na tomada de decisão quanto a ajustes no programa de fertilização (MALAVOLTA; VITII; OLIVEIRA, 1997). Existem diversos trabalhos, com diferentes metodologias, realizados em diversos locais, considerando ou não o uso do pecíolo, em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura que avaliam qual seria os teores ideais de nutrientes na folha para que se considere que a planta esteja bem nutrida (BEAUFILS, 1961; BEVERLY et al., 1986; FILHO et al., 2021; KENWORTHY, 1961; KURIHARA et al., 2013a; MALAVOLTA; VITII; OLIVEIRA, 1997; PARENT; DAFIR, 1992; PARENT et al., 2020; RAIJ, 1991; ROCHA, 2020; URANO et al., 2006, 2007).

Para avaliar o estado nutricional das plantas, os valores encontrados na análise foliar devem ser comparados com os valores de referência (as normas) presentes na literatura ou obtidas de lavouras de elevada produtividade de uma dada cultura.

Diversos trabalhos têm sido feitos com cultura da soja utilizando ferramentas de avaliação do estado nutricional, como os Índices Balanceados de Kenworthy (IBK), o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e o método Diagnose da Composição Nutricional (CND) (CAIRES et al., 2020; HARGER; FIORETTO; RALISCH, 2003; KRAHL, 2008; KURIHARA et al., 2013b, 2013a; KURIHARA; STAUT; MAEDA, 2008; POLTRONIERI, 2015; URANO et al., 2006, 2007).

O método dos Índices Balanceados de Kenworthy (IBK) avalia os nutrientes de forma individualizada, dando uma ideia do grau de balanço do nutriente, a vertente quantitativa da nutrição. Por meio de relações matemáticas é calculado o IBK, que permite avaliar em qual faixa de suficiência (deficiente, abaixo do normal, normal, acima do normal, excessivo) o nutriente se encontra. Para isso são utilizados o teor do nutriente na amostra sob diagnose, e o teor do nutriente e seu coeficiente de variação obtidos em lavouras de elevada produtividade (as normas) (KENWORTHY, 1961).

O método denominado Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) utiliza as relações duais entre os nutrientes e avalia o grau de equilíbrio entre os nutrientes por

meio da comparação das relações duais entre os nutrientes da amostra com as relações duais entre os nutrientes e seus desvios padrões estabelecidos nas normas. Com o uso do DRIS é possível identificar, de modo hierárquico, os nutrientes que estão limitando a produtividade, por excesso ou por falta, mesmo quando estes se encontram acima do seu nível crítico (BEAUFILS, 1961).

O método da Diagnose da Composição Nutricional (CND) avalia o equilíbrio nutricional de forma multivariada. O CND faz uso do teor dos nutrientes da amostra corrigidos em função da média geométrica da composição nutricional, que resulta em uma variável multinutriente. Após, é feito o cálculo do índice da variável multinutriente por meio do quociente entre a diferença do valor da população de referência e do valor da amostra pelo desvio padrão de referência (PARENT; DAFIR, 1992).

O acúmulo de nutrientes na soja, é fortemente influenciado pelo acúmulo de matéria seca e pode ser dividido em três fases: (i) baixa taxa de aquisição em torno de até 30 dias após a emergência, (ii) taxas máximas de absorção entre R2 e R5, nos cultivares mais antigos e R3 e R4 nos cultivares mais atuais e (iii) taxas reduzidas de acumulação durante o final da fase reprodutiva (maturação dos grãos) (BENDER; HAEGELE; BELOW, 2015b; HARPER, 1971; USHERWOOD, 1998). Sendo assim, os teores nutricionais encontrados no estágio de florescimento estariam representando o momento em que se tem as taxas máximas de absorção de nutrientes, refletindo indiretamente a fertilidade do solo.

A análise foliar se baseia em três premissas: deve haver relação entre: a produtividade e o teor nutriente na folha; entre o teor do nutriente na folha e o teor do nutriente no solo; e entre o nutriente no solo e a dose do nutriente aplicado no processo de fertilização (EVENHUIS; DE WAARD, 1980).

O método clássico para a obtenção das normas nutricionais se baseia no uso da média do teor ou da relação dual entre os teores de nutrientes, e de suas variabilidades, na população de referência, a de alta produtividade. De fato, a média é uma medida de posição de tendência central na distribuição normal de probabilidade, a distribuição mais comum dos eventos naturais. Entretanto, o uso da média, acaba por mascarar informações que poderiam ser obtidas com base no método da linha ou região de fronteira, as situações limítrofes de máxima e mínima eficiência de um dado fator de produção, cujo entendimento pode permitir avanços nos conhecimentos.

O uso de técnicas de análise numérica como a “boundary line”, proposta por WEBB (1972), permite que se identifique as regiões de fronteira superior e inferior. Nos últimos anos,

diversos trabalhos tem feito uso da técnica “boundary line” para acessar e explicar efeitos biológicos em regiões de máximo e mínimo, inclusive na área de fertilidade do solos e na nutrição de plantas (BORGES, 2012; LIMA NETO et al., 2021; EVANYLO; SUMNER, 1987; FERNANDES, 2010; FILHO et al., 2019; GALDINO, 2015; MELO et al., 2020; NETO et al., 2020; SOUSA et al., 2018). Esse tipo de estudo permite que sejam feitos redirecionamentos na adubação para evitar doses excessivas ou subdoses.

O teor do nutriente, apesar de ser visto como uma variável univariada, é resultante em essência da relação entre a taxa de absorção do nutriente e a taxa de crescimento da planta. Assim, espera-se que maior proporção de matéria seca nas folhas seja acompanhada de um maior acúmulo de nutriente. Para um mesmo material genético, sob condições semelhantes de cultivo, com o maior crescimento, tem-se uma maior taxa de absorção. Quando se tem materiais genéticos diferentes, pode-se ter diferenças na absorção e na eficiência de uso de um mesmo nutriente (BALIGAR; FAGERIA; HE, 2001; FAGERIA, 1998). Com isso, em estudos relacionando a sensibilidade da análise foliar ao acúmulo de nutriente e a diagnose de lavouras, a utilização de materiais genéticos diferentes pode influenciar os resultados obtidos. Assim, o estudo da população de forma geral e posteriormente, de forma específica para os materiais genéticos individuais, se faz necessário.

Segundo KURIHARA et al. (2013b), há relação direta entre o conteúdo de um nutriente na folha índice da soja com o conteúdo no caule, nos pecíolos, nos trifólio, na vagem e no grão. Esses autores demonstram que a demanda nutricional da soja pode ser estimada por meio de modelos adequados utilizando a produção de matéria seca da planta com base no potencial produtivo. Deste modo, é importante avaliar a influência do acúmulo de um nutriente no seu teor e no de outros nutrientes tanto na folha quanto no grão, e verificar se a análise foliar é sensível em refletir essa influência.

Considerando ainda que a análise química de folhas coletadas por ocasião ou em torno do florescimento tende a refletir a fertilidade do solo até aquele momento, cabe ainda investigar os resultados de análises de solo existentes para as lavouras com acúmulo diferencial de nutrientes para que seja possível realizar ajustes na fertilização nos cultivos subsequentes, visando aprimorá-la.

## 2. OBJETIVOS

Avaliar a influência do acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) sobre os teores de nutrientes na folha e no grão de lavouras de soja com diferentes produtividades.

Avaliar atributos da fertilidade do solo sob as lavouras de soja com distintas produtividades e acúmulo diferencial de N, P, K, Ca e Mg.

Estabelecer valores de referência (normas) para a avaliação do grau de balanço e de equilíbrio conforme o potencial produtivo e o acúmulo de nutrientes da cultura da soja.

Diagnosticar lavouras de soja quanto ao grau de balanço e de equilíbrio nutricional, com base em normas nutricionais específicas.



### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

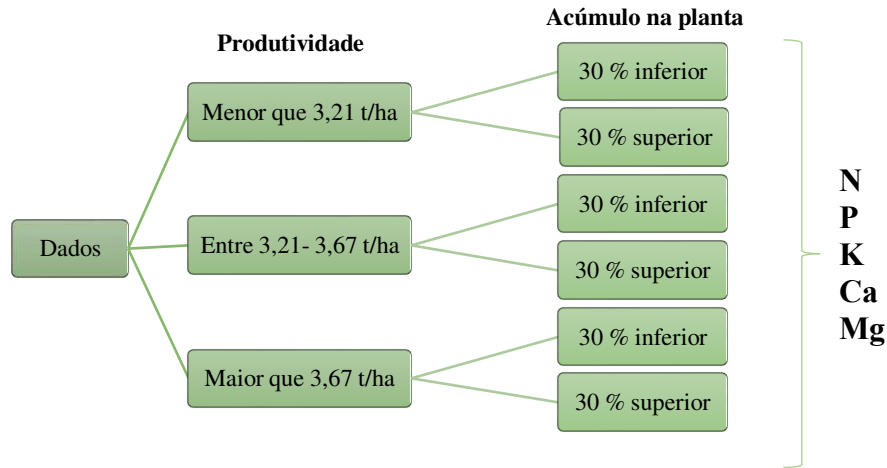
#### **3.1. Obtenção do banco de dados**

Foi utilizado um banco dados de plantios de soja cultivados no município de Campo Novo do Parecis (MT) obtidos em cinco anos-agrícolas sucessivos (98/99, 99/00, 00/01, 01/02, 02/03). O banco de dados consistiu de 293 talhões de soja, numa área de 17580 ha, com 595 entradas das seguintes variáveis: teor foliar de nutrientes no estágio R3 (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B); conteúdo de nutrientes nos grãos no estágio R8 (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B), que foram utilizados para obtenção dos teores desses nutrientes nos grãos; conteúdo de nutrientes na parte aérea (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B); produtividade de grãos por ocasião da colheita com umidade de 13% e os teores de alguns atributos da fertilidade do solo dos talhões das camadas de 0,00-0,15 m e de 0,15-0,30 m de profundidade (MOS, P, K, Ca e Mg) (Apêndice A). O clima predominante no local é o Clima tropical com estação seca (classificação climática de Köppen-Geiger: Aw). A região possui em sua maioria Latossolos Vermelhos distróficos (LVd), de textura argilosa a média, sendo o restante dos solos classificados como Neossolos Quartzarênicos órticos (RQo) (LIMA, 2004).

#### **3.2. Análise da sensibilidade da análise foliar**

Os dados foram separados em três faixas de produtividade de grãos de soja no estágio R8 (produtividade inferior a 3,21 t/ha, entre 3,21-3,67 t/ha e superior a 3,67 t/ha). Cada faixa de produtividade foi separada para que se obtivesse um conjunto amostral representativo (137 dados para produtividade inferior a 3,21 t/ha, 275 dados para produtividade entre 3,21-3,67 t/ha e 183 dados para produtividade superior a 3,67 t/ha). Em cada faixa de produtividade, para os nutrientes N, P, K, Ca e Mg, e utilizando o método dos percentis, avaliou-se quais lavouras possuíam o acúmulo 30 % inferior (1º, 2º e 3º percentis, ou seja <30 %) e 30 % superior (8º, 9º e 10º percentis, ou seja >70%) de cada um desses nutrientes considerados isoladamente (Apêndice B). As lavouras foram então separadas em dois grupos (de menor e maior acúmulo de cada nutriente) (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma da estratificação do banco de dados. Em relação ao acúmulo do nutriente na parte aérea, 30 % inferior corresponde ao 1º, 2º e 3º percentis, e 30 % superior corresponde ao 8º, 9º e 10º percentis.



Em cada grupo, e de forma isolada para cada nutriente, foi avaliada a influência do acúmulo do nutriente nas plantas sobre o seu teor foliar e sobre o teor foliar de outros nutrientes no estágio R3 (incluindo também enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B)), que foram coletadas no terceiro trifólio com pecíolo em um dos quatro últimos nós superiores. De modo análogo, esse mesmo procedimento também foi feito em cada grupo de acúmulo do nutriente, para avaliar a influência do acúmulo de N, P, K, Ca e Mg (considerados isoladamente) na parte aérea sobre o teor dos mesmos e dos demais nutrientes nos grãos da soja no estágio R8. Para isso, os dados de conteúdo de nutrientes e matéria seca foram utilizados para obtenção dos teores nos nutrientes nos grãos. Além disso, foram selecionadas as 3 cultivares com maior frequência no banco de dados (Uirapuru, Tucano e Pintado), que passaram pelas mesmas avaliações citadas acima, de modo a avaliar se os resultados obtidos na população geral, ocorriam também para cada cultivar.

### 3.3. Análise de atributos da fertilidade do solo

Utilizando os mesmos critérios para a obtenção dos grupos de acúmulo diferencial (30 % inferiores e 30 % superiores) dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg nas faixas de produtividade, foram também analisados alguns atributos da fertilidade dos solos cultivados, nas camadas de 0,00-0,15 m e 0,15-0,30 m de profundidade. Os atributos avaliados foram os teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. As amostras de solos foram coletadas nas entrelinhas, após a colheita, entre os meses de abril e maio e foram compostas de 12 amostras

simples. Adicionalmente à avaliação feita em toda a população presente no banco de dados, uma análise foi realizada considerando as três cultivares mais frequentes (Uirapuru, Tucano e Pintado).

### **3.4. Obtenção das normas nutricionais específicas**

Utilizaram-se os dados referentes as lavouras que combinam alta produtividade (produtividade acima 3,67 t/ha de grãos de soja) com os 30 % inferiores acúmulos de nutrientes ( 1º, 2º e 3º percentis) visando a obtenção das normas nutricionais para os métodos: Índices Balanceados de Kenworthy (IBK) (KENWORTHY, 1961), Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) (BEAUFILS, 1961) e Diagnose da Composição Nutricional (CND) (PARENT; DAFIR, 1992). Além disso, para o método IBK foi proposto ainda a criação de normas nutricionais de conteúdo foliar dos nutrientes, sendo apresentado como IBKCont. Tal procedimento foi realizado como uma alternativa para eliminar os efeitos de concentração e de diluição que podem ocorrer devido a alterações na produção de matéria seca.

Foram separados os teores foliares das populações que apresentaram acúmulo 30 % inferior de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea, de forma isolada por nutriente, e produtividade superior a 3,67 t/ha, gerando assim cinco subconjuntos de populações, uma para cada um dos nutrientes acumulados (N, P, K, Ca e Mg). Para o método IBK, foi calculada a média dos teores foliares e os desvio padrão desses cinco subconjuntos para obtenção das normas nutricionais. No método DRIS foram calculadas as relações duais, para os teores foliares de cada um dos cinco subconjuntos de populações, na sequência foram calculadas as médias de cada uma das relações duais e seus respectivos desvio padrão, os quais foram utilizados como normas nutricionais. Para o método CND, foram calculadas a média geométrica da composição nutricional (G), o cálculo do valor de complemento (R) e as variáveis multinutrientes (por meio dos teores foliares dos nutrientes) para os cinco subconjuntos, os quais posteriormente foram utilizados para o cálculo da média das variáveis multinutrientes e da média geométrica da composição nutricional, valores estes que foram utilizados como normas nutricionais para o método CND. Para o método IBKCont, por meio dos teores foliares e das equações propostas por KURIHARA (2013b) foram obtidos os conteúdos foliares das populações que apresentaram acúmulo 30 % inferior de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea, de forma isolada e com produtividade superior a 3,67 t/ha, gerando assim cinco subconjuntos de populações, uma para cada um dos

nutrientes acumulados (N, P, K, Ca e Mg), a média desses valores e seus desvio padrão foram utilizadas como as normas nutricionais para o método IBKCont.

Assim, as normas nutricionais obtidas para os métodos IBK, IBKCont, DRIS e CND foram feitas com base na média das cinco subpopulações de acúmulos individuais de N, P, K, Ca e Mg (cada um dos cinco subconjuntos consistiram em 55 dados para N, P, Ca; 54 para K e 56 para Mg), gerando 1 conjunto de norma para cada método (estimado com uma amostra média de 55 dados), de forma que essa norma associa alta produtividade com acúmulo 30 % inferiores de N, P, K, Ca e Mg.

### 3.5. Diagnose nutricional

Com base nas normas nutricionais estabelecidas, foram realizados os diagnósticos nutricionais das 540 lavouras que não integraram a população de referência, com base em equilíbrio e balanço nutricional pelos métodos do Índice Balanceado de Kenworthy (IBK), Índice Balanceado de Kenworthy com normas de conteúdo (IBKCont), Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e Diagnose da Composição Nutricional (CND).

#### 3.5.1. Índices balanceados de Kenworthy

Para o diagnóstico nutricional quanto ao grau de balanço, os dados referentes as lavouras que não compuseram a população de referência foram utilizados, juntamente com os da normas obtidas (produtividade superior a 3,67 t/ha e acúmulo de nutrientes 30 % inferior) de forma individual para cada nutriente (N P, K, Ca e Mg). Os cálculos dos índices de posicionamento (P) e incerteza (I) que são utilizados para o cálculo do Índice Balanceado de Kenworthy (IBK) foram feitos pelas seguintes equações:

$$P = 100 x_i/\bar{x}$$

$$I = CV (x_i - \bar{x})/\bar{x}$$

$$IBK = P - I$$

Em que,

P= índice de posição, uma proporção entre o teor do nutriente na amostra ( $x_i$ ) e o teor de referência ( $\bar{x}$ );

I= índice de incerteza, a influência da variação;

CV= coeficiente de variação do teor do nutriente da população de referência;

IBK= índice balanceado de Kenworthy.

Os teores dos nutrientes foram então classificados, em função dos valores de IBK obtidos, em deficiente (17 a 50 %), abaixo do normal (50 a 83 %), normal (83 a 117 %), acima do normal (117 a 150 %) e excessivo (150 a 183 %). O mesmo procedimento foi realizado para a avaliação do IBKCont, com a ressalva de que para este, foram usados os valores de conteúdo de nutrientes na folha.

### 3.5.2. Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)

Foram calculadas as relações duais entre os teores nutrientes e desvios padrão das amostras foliares das populações que não compuseram as normas nutricionais, obtendo-se as relações diretas (A/B) e indiretas (B/A) dos teores foliares e dos desvios padrão. Esses valores foram utilizados justamente com as relações duais de referência que foi obtida de forma individual para cada nutriente (N P, K, Ca e Mg), para a transformação das variáveis em variáveis normais reduzidas e posterior cálculo do índice DRIS para cada nutriente foram utilizadas as seguintes equações:

$$X(A/B) = \frac{((A/B) - (a/b))}{s_{ab}}$$

$$I_A = \frac{(X(A/B) + X(A/C) + \dots + X(A/N) - X(B/A) - X(C/A) - \dots - X(N/A))}{2(n-1)}$$

Em que,

X(A/B) = função DRIS para relação A/B proposta por JONES, (1981);

A/B = relação dual direta entre os teores dos nutrientes A e B da amostra;

a/b= relação dual direta entre os teores dos nutrientes na população de referência

s<sub>ab</sub>= desvio padrão para relação dual a/b na população de referência;

I<sub>A</sub>= índice DRIS para o nutriente A, utilizando as variáveis normais reduzidas das relações duais diretas (A/B) e inversas (B/A) de todos os nutrientes envolvidos na análise;

n= número de nutrientes envolvidos na análise.

Além disso, foi calculado o Índice de Equilíbrio Nutricional (IEN), pela soma dos valores absolutos dos índices DRIS obtidos em cada nutriente para avaliação do equilíbrio global das lavouras e o Índice de Equilíbrio Nutricional médio (IEN<sub>m</sub>), pela divisão do IEN pelo número de nutrientes envolvidos para avaliar a média dos desvios de cada nutriente em relação ao ótimo, conforme as equações:

$$IEN = |I_A| + |I_B| + |I_C| + \dots + |N|$$

$$IEN_m = \frac{IEN}{n}$$

Em que,

IEN = índice de equilíbrio nutricional;

|I<sub>A</sub>|... = valores dos índices DRIS para cada nutriente, em módulo;

n = número de nutrientes envolvidos;

IEN<sub>m</sub> = índice de equilíbrio nutricional médio.

Ainda, com uso do IEN<sub>m</sub> juntamente o Índice DRIS, foram avaliadas para cada nutriente, a classe de resposta a adubação, pelo método do Potencial de Resposta à Adubação (PRA), conforme os critérios propostos por WADT, (1996) apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Classes de Potencial de Resposta a Adubação (PRA) (WADT, 1996) com base no Índice DRIS e no Equilíbrio Nutricional médio (IEN<sub>m</sub>)

Índice DRIS	Módulo do Índice DRIS	Estado nutricional	+ LF ou + LE	PRA
< 0	> IEN <sub>m</sub>	Deficiente	Sim	p
< 0	> IEN <sub>m</sub>	Provavelmente deficiente	Não	pz
≤ 0	≤ IEN <sub>m</sub>	Equilibrado	Nula	z
≥ 0	≥ IEN <sub>m</sub>	Equilibrado	Nula	z
> 0	> IEN <sub>m</sub>	Provavelmente em Excesso	Não	nz
> 0	> IEN <sub>m</sub>	Em excesso	Sim	n

+ LF: o mais limitante por falta; +LE: o mais limitante por excesso; p: positiva; pz: positiva ou nula; z: nula; nz negativa ou nula; n: negativa.

### 3.5.3. Diagnose da composição nutricional (CND)

Os teores dos nutrientes das populações avaliadas foram utilizados para o cálculo da média geométrica da composição nutricional (G) e para o cálculo do valor de complemento (R)

e posterior cálculo da variável multinutriente pelas seguintes fórmulas, propostas por PARENT; DAFIR (1992):

$$G = (x_N \cdot x_P \cdot x_K \dots x_i)^{\frac{1}{(n+1)}}$$

$$R = 1000 - \sum x_i$$

$$v_i = \ln\left(\frac{x_i}{G}\right)$$

Em que,

G= média geométrica da composição nutricional dos nutrientes avaliados;

n= número de nutrientes utilizados na análise;

R= valor de complemento;

$\sum x_i$ = somatório dos teores dos nutrientes expressos em g kg<sup>-1</sup>;

v<sub>i</sub>= variável multinutriente.

Após a obtenção da variável multinutriente para a amostra (v<sub>i</sub>), e com uso da variável multinutriente da população de referência obtida de forma individual para cada nutriente (V<sub>i</sub>), foi calculado o índice das variáveis multinutriente (I<sub>vi</sub>):

$$I_{vi} = (V_i - v_i)/s_i$$

$$IVI_m = \frac{I_{vi}}{n}$$

Onde,

I<sub>vi</sub>= índice das variáveis multinutriente;

V<sub>i</sub>= variável multinutriente da população de referência;

v<sub>i</sub>= variável multinutriente da amostra;

s<sub>i</sub>= desvio padrão da população de referência.

A interpretação dos resultados método CND foi realizada como proposta por SILVA et al. (2005), em que os autores utilizam o método do PRA (WADT, 1996), como descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Classes de Potencial de Resposta a Adubação (PRA) (WADT, 1996) com base no Índice da diagnose da composição nutricional (CND) e no índice das variáveis multinutriente médio ( $IVI_m$ )

Índice CND	Módulo do Índice CND	Estado nutricional	+ LF ou + LE	PRA
< 0	> $IVI_m$	Deficiente	Sim	p
< 0	> $IVI_m$	Provavelmente deficiente	Não	pz
$\leq 0$	$\leq IVI_m$	Equilibrado	Nula	z
$\geq 0$	$\geq IVI_m$	Equilibrado	Nula	z
> 0	> $IVI_m$	Provavelmente em Excesso	Não	nz
> 0	> $IVI_m$	Em excesso	Sim	n

+ LF: o mais limitante por falta; +LE: o mais limitante por excesso; p: positiva; pz: positiva ou nula; z: nula; nz: negativa ou nula; n: negativa.

### 3.6. Análises estatísticas

Para cada nutriente, as médias dos valores de seu acúmulo 30 % inferiores (< 30 %) e 30 % superiores (>70 %), para cada parâmetro (teor e conteúdo do nutriente na folha e no grão, normas nutricionais e propriedades químicas do solo), foram comparadas pelo teste T e as suas variâncias foram comparadas pelo teste F, ambos a 5 % de probabilidade.



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Sensibilidade da análise foliar e influência do acúmulo de N, P K, Ca e Mg na parte aérea nos teores de nutrientes nos grãos

#### 4.1.1. População geral

##### 4.1.1.1. Teores foliares

Ao avaliar a influência do acúmulo de N na parte aérea, nas populações com os 30 % maiores (>70 %) e menores (<30 %) acúmulos desse nutriente, sobre os teores foliares de nutrientes, foi possível notar que tanto para as produtividades inferiores a 3,21 t/ha quanto para as produtividades superiores a 3,67 t/ha, houve aumento nos teores foliares de N, P, Ca e S nas populações com maior acúmulo de N na parte aérea. Já na faixa de produtividade intermediária, 3,21-3,67 t/ha, as populações com maior acúmulo de N, apresentaram os maiores teores foliares de macronutrientes e de Cu (Tabela 3).

Tabela 3. Influência do baixo (< 30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de N na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B

		N								
		< 3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		45,701	57,329	0,009	40,043	58,276	0,000	<b>44,739</b>	57,516	0,000
P		2,308	2,771	0,000	2,055	3,340	0,000	2,683	3,260	0,000
K		17,489	17,215	0,788	17,242	18,596	0,000	16,995	16,938	0,960
Ca	g kg <sup>-1</sup>	6,973	8,704	0,000	7,507	8,232	0,000	8,535	9,332	0,017
Mg		3,290	3,339	0,461	3,061	3,610	0,000	3,590	3,602	0,774
S		2,370	3,2156	0,000	1,968	3,085	0,000	2,246	3,114	0,000
Cu		8,200	9,337	0,398	8,254	9,325	0,000	9,918	10,745	0,286
Fe		118,951	139,053	0,927	103,663	149,024	0,742	98,436	170,309	0,904
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	41,878	56,793	0,368	47,446	51,205	0,614	48,618	54,418	0,667
Mn		53,707	56,422	0,980	54,386	46,542	0,635	51,764	55,418	0,938
B		38,561	46,250	0,349	43,651	44,819	0,756	40,491	43,309	0,653

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de N.

As populações com menor acúmulo de P na parte aérea apresentaram menores teores foliares de P, Ca e S e maior teor foliar de Mg em produtividades inferiores a 3,21t/ha. Na classe intermediária de produtividade, 3,21-3,67 t/ha, foi encontrado o mesmo resultado quando se avaliou o acúmulo de N, em que as populações com acúmulo 30 % inferior apresentaram os menores teores foliares de macronutrientes e de Cu. Além disso, quando se avaliam produtividades superiores a 3,67 t/ha, os macronutrientes apresentaram os menores teores foliares nas populações com menor acúmulo de P (Tabela 4).

Tabela 4. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de P na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B

		P								
		< 3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		49,990	52,797	0,680	40,675	56,844	0,000	45,787	54,774	0,000
P		2,077	3,159	0,000	2,009	3,478	0,000	2,491	3,386	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	16,715	17,795	0,204	16,954	18,833	0,000	15,880	17,446	0,198
Ca		6,991	9,134	0,000	7,090	8,527	0,000	8,255	10,152	0,000
Mg		3,332	2,926	0,000	3,033	3,751	0,000	3,385	3,659	0,000
S		2,511	2,710	0,000	1,955	3,072	0,000	2,231	2,986	0,000
Cu		8,594	9,290	0,515	8,186	10,060	0,000	10,700	10,109	0,564
Fe		113,021	138,261	0,915	107,301	148,554	0,810	94,455	153,509	0,851
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	44,566	53,500	0,662	47,325	52,614	0,460	50,018	54,327	0,732
Mn		63,2118	49,650	0,934	55,386	46,735	0,616	55,818	51,800	0,928
B		40,419	41,766	0,871	43,361	46,313	0,493	39,200	43,2155	0,514

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de P.

Diferentemente do que ocorreu para o acúmulo de N e P, no caso do acúmulo de K, foram encontradas diferenças nos teores de P, K, Ca, Mg e S independentemente da produtividade. As populações com menores acúmulos de K, em todas as produtividades avaliadas, apresentaram os menores teores de P, K e S. Os teores foliares de Ca foram menores nas populações com menor acúmulo de K em produtividades inferiores a 3,67 t/ha, enquanto em produtividades superiores a 3,67 t/ha essas mesmas populações apresentaram os maiores

teores de Ca. Para os teores foliares de Mg, somente em produtividades inferiores a 3,21 t/ha as populações com menor acúmulo de K apresentaram maiores teores de Mg; em produtividades superiores, essas populações apresentaram um menor teor foliar desse nutriente. Além disso, as populações com menor acúmulo de K, somente na faixa de produtividade de 3,21-3,67 t/ha, apresentaram um menor teor de B (Tabela 5).

Tabela 5. Influência do baixo (< 30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de K na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B

	K								
	< 3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N	51,784	52,229	0,931	48,608	52,960	0,075	49,901	51,691	0,516
P	2,477	2,785	0,000	2,678	3,134	0,000	2,968	3,185	0,000
K	14,774	20,538	0,000	14,417	21,048	0,000	12,171	21,492	0,000
Ca	7,047	8,966	0,000	8,769	8,080	0,000	10,139	8,570	0,000
Mg	3,488	3,109	0,000	3,023	3,650	0,000	3,526	4,115	0,000
S	2,519	2,693	0,000	2,351	3,2154	0,000	2,459	3,014	0,000
Cu	7,718	10,340	0,555	9,261	9,589	0,400	10,574	10,042	0,576
Fe	121,674	140,306	0,975	120,434	134,289	0,917	110,500	143,982	0,958
Zn	42,332	55,709	0,539	53,711	48,229	0,534	54,537	48,727	0,614
Mn	54,529	54,363	0,999	53,325	48,000	0,792	63,944	48,382	0,683
B	35,731	46,334	0,316	39,518	46,446	0,042	36,852	47,400	0,088

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de K.

Independentemente da produtividade, o maior acúmulo de Ca na parte aérea favoreceu maiores teores de P e Ca. Em produtividades inferiores a 3,21 t/ha, foi possível notar maiores teores de K e de S e menores teores de Mg nas populações com maior acúmulo de Ca. Com o aumento da produtividade para valores acima de 3,21 e abaixo de 3,67 t/ha, as populações com maior acúmulo de Ca apresentaram os menores teores de K e os maiores para Mg e S. Enquanto isso, em produtividades acima de 3,67 t/ha, os menores acúmulos de Ca favoreceram menores teores foliares de K e S (Tabela 6).

Tabela 6. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Ca na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B

		Ca								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			<b>3,67 t/ha &gt;</b>		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< <b>30 %</b>	> 70 %	p-valor
N		50,647	51,820	0,790	47,962	50,551	0,369	51,288	51,271	0,996
P		2,386	3,2109	0,000	2,516	2,973	0,000	3,2193	3,153	0,000
K		16,349	18,611	0,007	18,178	16,948	0,001	17,663	14,976	0,021
Ca	g kg <sup>-1</sup>	5,607	10,045	0,000	6,167	10,389	0,000	<b>6,958</b>	11,794	0,000
Mg		3,510	2,951	0,000	3,145	3,234	0,003	3,666	3,591	0,109
S		2,550	2,654	0,000	2,381	2,610	0,000	2,744	2,615	0,000
Cu		9,463	9,029	0,813	9,029	8,951	0,814	10,456	9,545	0,330
Fe		98,927	152,698	0,853	111,036	125,530	0,904	129,036	127,418	0,998
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	44,976	55,241	0,725	46,855	53,470	0,493	51,527	52,364	0,950
Mn		55,610	49,643	0,960	50,301	49,976	0,985	50,818	59,855	0,823
B		39,317	43,084	0,606	45,602	40,000	0,170	44,091	36,909	0,148

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Ca.

Quanto ao acúmulo de Mg na parte aérea, em todas as faixas de produtividades consideradas, as populações com maior acúmulo desse nutriente, foram as que apresentaram maiores teores foliares de Mg e S. Além disso, para produtividades superiores a 3,21 t/ha, o maior acúmulo de Mg na parte aérea também foi acompanhado de maiores teores foliares de P e K (Tabela 7).

Tabela 7. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Mg na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B

		Mg								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		48,457	50,956	0,575	46,570	51,671	0,090	50,239	51,114	0,763
P		2,566	2,538	0,356	2,495	3,001	0,000	2,903	3,204	0,000
K		17,582	17,079	0,550	16,975	18,959	0,000	15,799	18,730	0,030
Ca	g kg <sup>-1</sup>	7,694	7,240	0,254	8,097	8,091	0,971	9,397	9,357	0,923
Mg		2,492	4,143	0,000	2,432	4,075	0,000	<b>3,2113</b>	4,668	0,000
S		2,462	2,576	0,000	2,179	2,798	0,000	2,540	3,2190	0,000
Cu		8,636	11,910	0,572	9,284	9,216	0,851	10,516	10,855	0,767
Fe		119,928	121,805	0,993	109,627	129,805	0,875	115,179	126,636	0,980
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	47,210	51,951	0,896	52,976	47,195	0,534	51,750	53,491	0,890
Mn		42,665	75,780	0,840	53,831	46,000	0,651	52,554	59,709	0,890
B		40,079	42,293	0,871	42,976	44,646	0,670	39,143	47,309	0,215

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Mg.

#### 4.1.1.2. Teores dos nutrientes nos grãos

Ao avaliar a diferença entre os grupos de maior e menor acúmulo de N na parte aérea, nota-se que em produtividades superiores a 3,21 t/ha, as populações com os maiores teores de N no grão foram as que apresentaram maior acúmulo desse nutriente na parte aérea. Em contrapartida, os teores de K somente variam em produtividades inferiores a 3,67 t/ha, sendo que as plantas que apresentaram menor acúmulo de N, apresentaram os maiores e menores teores K, em produtividades baixas e altas, respectivamente N. Os teores no grão de P, Ca e Mg nas plantas que menos acumularam N, foram superiores em baixa produtividade e inferiores na produtividade intermediária. Na alta produtividade foi possível notar que o menor acúmulo de N veio acompanhado de menor teor no grão de P e maior teor de Ca e Mg. Além disso, as plantas que apresentaram menor acúmulo de N, apresentaram maior teor de Zn, em produtividade superiores a 3,67 t/ha, e maior teor de Mn, na produtividade intermediária (3,21-3,67 t/ha) (Tabela 8).

Tabela 8. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de N na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos

		N								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		93,133	93,537	0,981	75,556	88,810	0,000	<b>77,097</b>	85,458	0,000
P		8,711	8,118	0,000	6,866	7,898	0,000	7,078	7,347	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	18,971	16,899	0,000	15,955	16,189	0,000	15,140	14,851	0,067
Ca		3,284	3,067	0,000	2,709	2,725	0,000	2,642	2,614	0,000
Mg		4,074	3,744	0,000	3,408	3,559	0,000	3,370	3,134	0,000
Cu		30,916	39,740	0,804	37,411	44,669	0,299	51,142	59,738	0,744
Fe		136,704	143,074	0,957	115,984	151,313	0,665	113,248	176,100	0,875
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	110,342	99,485	0,633	87,192	85,301	0,001	79,423	75,863	0,000
Mn		52,343	46,538	0,507	42,516	39,974	0,000	38,926	38,225	0,581
B		40,917	38,991	0,428	35,879	35,636	0,504	33,230	33,370	0,815

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de N.

Os teores de N e P no grão somente variaram nas populações com produtividades superiores a 3,21 t/ha, sendo inferiores nas plantas que menos acumularam esse nutriente na parte aérea. Nas produtividades inferiores a 3,21 t/ha, o menor acúmulo de P na parte aérea, resultou em grãos com maiores teores de K, Ca e Mg, ao contrário do que ocorreu na produtividade intermediária, onde o menor acúmulo de P, levou a menores teores de K, Ca e Mg e maiores teores de Mn nos grãos. Os teores de K e Ca no grão foram inferiores e os de Mg foram superiores nas plantas que menos acumularam P na parte aérea em altas produtividades. Ainda, foi possível notar que os teores de Zn nos grãos foram superiores nas plantas que menos acumularam P na parte aérea, em produtividades superiores a 3,21 t/ha (Tabela 9).

Tabela 9. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de P na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos

		P								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		96,729	89,427	0,647	76,050	87,814	0,000	77,708	83,465	0,000
P		8,461	8,443	0,901	6,820	8,018	0,000	<b>6,892</b>	7,430	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	18,684	17,012	0,004	15,849	16,278	0,000	14,710	14,968	0,142
Ca		3,287	3,085	0,000	2,671	2,756	0,000	2,602	2,673	0,000
Mg		4,108	3,481	0,000	3,395	3,614	0,000	3,329	3,094	0,000
Cu		32,978	39,717	0,816	37,073	48,630	0,112	56,437	56,121	0,993
Fe		132,279	142,269	0,939	118,703	150,862	0,748	110,230	162,581	0,809
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	110,784	97,757	0,572	87,095	85,736	0,011	78,889	75,675	0,001
Mn		53,715	44,606	0,276	42,694	40,024	0,000	39,306	37,611	0,156
B		41,527	37,315	0,072	35,781	36,078	0,477	32,756	33,169	0,449

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de P.

Não houve influência do acúmulo de K na parte aérea considerando os grupos de maior e menor acúmulo desse nutriente sobre o teor de N nos grãos (Tabela 10). Os teores no grão de P, Ca e Mg foram inferiores, em produtividades inferiores a 3,21 t/ha, nas populações com menor acúmulo de K na parte aérea. As populações que apresentaram os menores acúmulos de K, foram as que apresentaram os menores teores no grão de K e B, em produtividades superiores a 3,21 t/ha. Quanto ao teor de Ca e Mn nos grãos, foi possível notar que em produtividades superiores a 3,21 t/ha, as populações com menor acúmulo de K apresentaram os maiores teores desses nutrientes. Além disso, as populações com menor acúmulo de K na parte aérea apresentaram os maiores teores de Mg e Zn no grão, em altas e médias produtividades, respectivamente. Ainda, em produtividades intermediárias os teores de Mg no grão foram superiores nas plantas que mais acumularam K (Tabela 10).

Tabela 10. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de K na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos

		K								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		98,538	89,496	0,471	82,357	84,937	0,085	80,521	81,587	0,470
P		8,924	8,154	0,000	7,443	7,741	0,000	7,225	7,353	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	17,908	18,212	0,642	14,853	17,085	0,000	<b>13,186</b>	16,506	0,000
Ca		3,302	3,098	0,000	2,823	2,719	0,000	2,722	2,589	0,000
Mg		4,191	3,633	0,000	3,400	3,575	0,000	3,248	3,188	0,000
Cu		28,316	44,811	0,888	43,115	46,009	0,814	56,606	54,261	0,944
Fe		138,242	144,144	0,984	128,789	139,851	0,888	124,344	152,681	0,947
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	110,807	99,520	0,605	88,002	84,940	0,000	78,141	76,815	0,236
Mn		52,207	45,888	0,477	42,133	40,247	0,021	40,488	37,554	0,012
B		40,010	39,047	0,728	34,502	36,220	0,000	31,745	34,787	0,000

N, P, K, Ca e Mg apresentados em g kg<sup>-1</sup>; Cu, Fe, Zn, Mn e B apresentados em mg g<sup>-1</sup>. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de K.

Ao avaliar a influência do acúmulo de Ca nas lavouras avaliadas, foi possível notar que os teores de K, Zn e B no grão, em produtividades superiores a 3,21 t/ha, apresentaram os maiores valores nas plantas que menos acumularam Ca. As populações que menos acumularam Ca foram as que apresentaram os grãos com os menores teores de Ca e os maiores de Mg, independentemente da produtividade. Além disso, os teores de P foram maiores nos grãos das plantas que menos acumularam Ca em produtividades menores que 3,21 t/ha e superiores a 3,67 t/ha, sendo que em produtividade intermediária a estas, os teores de P foram inferiores nas plantas que menos acumularam Ca. (Tabela 11).



Tabela 11. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Ca na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos

		Ca								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		97,230	88,778	0,514	81,873	83,154	0,463	81,772	80,913	0,651
P		4,846	4,253	0,000	3,659	3,728	0,000	3,301	3,111	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	18,492	17,367	0,066	16,329	15,601	0,000	15,386	14,035	0,000
Ca		3,106	3,186	0,000	2,579	2,926	0,000	<b>2,495</b>	2,794	0,000
Mg		4,181	3,530	0,000	3,426	3,414	0,019	3,377	3,064	0,000
Cu		37,438	38,232	0,987	41,632	42,394	0,942	54,599	53,031	0,963
Fe		122,133	152,828	0,853	121,554	133,192	0,870	138,318	141,196	0,995
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	110,401	98,262	0,592	87,214	85,696	0,034	79,417	75,113	0,000
Mn		52,394	44,576	0,403	41,823	40,585	0,123	38,779	38,827	0,968
B		41,127	37,811	0,129	36,505	34,184	0,000	34,295	31,337	0,000

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Ca.

Quanto ao acúmulo de Mg, as populações com menor acúmulo desse nutriente, foram as que apresentaram grãos com os maiores teores de P e K, em produtividade inferior a 3,21 t/ha, e os menores teores em produtividade superior 3,21 t/ha e independentemente da produtividade. Comportamento contrário foi encontrado para o Ca, para o qual as populações com menor acúmulo de Mg, apresentaram os menores teores de Ca nos grãos em baixas produtividades e maiores teores em média a alta produtividade. Os teores de Mg nos grãos foram maiores nas populações com menor acúmulo desse nutriente em altas produtividades e menores em médias e baixas produtividades. Além disso, os teores de Zn e Mn foram superiores nas populações que menos acumularam Mg em produtividades intermediárias. Ainda, em altas produtividades foi possível notar que as plantas com menor acúmulo de Mg apresentaram maiores teores de Zn e menores de B (Tabela 12).

Tabela 12. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Mg na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos

		Mg								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		93,494	89,055	0,760	80,872	83,765	0,123	80,972	81,176	0,899
P		8,742	7,967	0,000	7,308	7,594	0,000	7,223	7,366	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	18,611	16,973	0,005	15,879	16,311	0,000	14,679	15,481	0,000
Ca		3,267	2,926	0,000	2,769	2,711	0,000	2,689	2,646	0,000
Mg		3,493	4,173	0,000	3,105	3,704	0,000	<b>3,193</b>	3,143	0,000
Cu		33,887	52,499	0,902	42,991	44,121	0,923	55,383	59,274	0,924
Fe		135,549	131,013	0,969	120,467	136,384	0,830	127,960	138,111	0,974
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	108,951	98,215	0,619	88,329	84,309	0,000	79,175	77,005	0,016
Mn		48,504	49,604	0,899	42,372	39,829	0,001	38,932	39,177	0,861
B		40,475	37,820	0,325	35,687	35,585	0,787	32,669	34,702	0,001

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Mg.

#### 4.1.2. Teores foliares nas cultivares mais frequentes

##### 4.1.2.1. Uirapuru

Ao avaliar a cultivar Uirapuru, foi possível notar que independentemente da faixa de produtividade (menor que 3,21; entre 3,21 - 3,67 e maior que 3,67 t/ha), quando se compara acúmulo de N nas planta entre as populações com os 30 % maiores e menores acúmulos desse nutriente, nota-se uma diferença no teor foliar de P e S. Além disso, o acúmulo de N afetou também o teor foliar de Ca quando a produtividade foi menor que 3,21 t/ha; os teores de N, Ca, Mg, S e cobre na faixa de 3,21 a 3,67 t/ha. Para valores de produtividade superiores a 3,67 t/ha houve um aumento nos teores de N, P e S nas populações com maior acúmulo de N, enquanto os teores de Mg diminuíram (Tabela 13).

Tabela 13. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de N na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Uirapuru.

		N								
		< 3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		43,968	62,352	0,259	36,550	58,344	0,000	<b>43,733</b>	58,658	0,001
P		2,103	2,592	0,000	1,766	3,495	0,000	2,713	3,243	0,000
K		15,517	18,925	0,135	16,914	17,550	0,736	18,519	16,584	0,352
Ca	g kg <sup>-1</sup>	6,696	9,971	0,000	6,979	8,967	0,000	8,778	9,625	0,125
Mg		2,979	3,038	0,399	3,307	3,581	0,000	3,956	3,506	0,003
S		2,254	3,050	0,000	1,723	3,097	0,000	2,199	3,015	0,000
Cu		10,000	9,386	0,910	7,800	10,238	0,017	9,619	10,875	0,396
Fe		108,083	137,760	0,923	88,667	156,381	0,867	91,750	159,688	0,847
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	45,250	56,742	0,765	45,524	51,952	0,736	41,063	51,813	0,646
Mn		44,167	38,838	0,980	46,762	47,952	0,975	36,500	50,875	0,736
B		41,833	49,251	0,777	38,190	42,143	0,760	36,563	43,063	0,671

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de N.

Quanto ao acúmulo de P, independentemente da faixa de produtividade, os teores foliares de P apresentaram diferenças ao se comparar as populações com os 30 % maiores e menores acúmulos de P. Ainda, foi possível ver diferenças nos teores foliares de Mg nas lavouras com produtividade inferior a 3,21 t/ha. Além disso, houve diferenças significativas também nos teores de Ca e S em produtividades superiores a 3,21 t/ha e nos teores de N, Mg e Cu na faixa de produtividade de 3,21 e 3,67 t/ha (Tabela 14).

Tabela 14. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de P na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Uirapuru

		P								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		53,755	56,318	0,933	36,980	56,948	0,000	46,155	55,051	0,487
P		2,002	3,296	0,000	1,771	3,538	0,000	<b>2,553</b>	3,421	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	17,175	16,908	0,955	16,738	18,310	0,455	17,644	18,600	0,746
Ca		7,598	9,292	0,226	7,100	9,424	0,000	8,363	9,613	0,015
Mg		3,365	2,938	0,000	3,307	3,655	0,000	3,831	3,697	0,279
S		2,733	2,576	0,104	1,741	3,026	0,000	2,240	3,034	0,000
Cu		10,460	9,333	0,853	7,762	9,905	0,002	9,869	11,500	0,476
Fe		111,675	139,583	0,935	90,619	139,857	0,716	103,875	152,125	0,942
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	48,496	55,667	0,910	45,286	51,762	0,729	45,250	52,125	0,859
Mn		51,360	52,417	0,997	46,619	47,524	0,987	45,063	48,875	0,967
B		45,825	41,333	0,889	37,857	41,667	0,782	37,500	45,250	0,671

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de P.

Independentemente da produtividade, houve diferenças nos teores foliares de K e Mg entre as populações com maior e menor acúmulo de K. Quanto ao teor de P e Ca na folha, encontraram-se diferenças apenas na produtividade entre 3,21-3,67 e 3,67 t/ha respectivamente. Para o S, foram encontradas diferenças nos teores foliares das populações com maior e menor acúmulo de K em produtividades inferiores a 3,2 t/ha (Tabela 15).

Tabela 15. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de K na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Uirapuru

		K								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		53,900	59,072	0,763	49,028	50,026	0,944	53,186	50,639	0,846
P		2,593	2,723	0,317	2,700	2,953	0,010	3,172	3,097	0,187
K		14,041	20,276	0,000	13,900	21,079	0,000	<b>13,2156</b>	20,769	0,000
Ca	g kg <sup>-1</sup>	7,323	9,570	0,074	8,981	8,098	0,168	10,638	8,841	0,036
Mg		3,372	3,2189	0,000	3,012	3,638	0,000	3,619	3,875	0,014
S		2,539	3,014	0,000	2,410	2,594	0,002	3,2100	2,648	0,236
Cu		9,035	11,238	0,691	9,124	8,543	0,613	10,438	10,706	0,915
Fe		116,137	135,882	0,959	133,2157	134,238	0,998	135,813	121,875	0,975
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	47,051	62,016	0,758	54,238	45,714	0,652	58,875	47,688	0,784
Mn		51,058	52,990	0,994	55,238	40,000	0,767	60,750	44,063	0,836
B		38,747	51,675	0,518	36,667	41,905	0,281	36,563	43,500	0,651

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de K.

Os teores foliares de P e de Ca foram superiores nas plantas que apresentaram um maior acúmulo de Ca na parte aérea, não sendo afetado pela produtividade. Além disso, as populações com maior acúmulo de Ca também apresentaram maiores teores foliares de S em produtividades inferiores a 3,67 t/ha. Por outro lado, com exceção da produtividade intermediária, as populações com menor acúmulo de Ca, apresentaram maiores teores foliares de Mg (Tabela 16).

Tabela 16. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Ca na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Uirapuru

		Ca								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		49,582	56,679	0,742	41,505	52,954	0,352	49,982	53,2160	0,840
P		2,290	2,626	0,000	2,151	3,095	0,000	3,2124	3,244	0,000
K		15,321	18,653	0,308	17,564	16,448	0,585	17,769	14,397	0,315
Ca	g kg <sup>-1</sup>	5,888	10,246	0,000	6,369	10,261	0,000	<b>7,728</b>	11,778	0,000
Mg		3,342	2,961	0,001	3,288	3,311	0,751	3,938	3,494	0,000
S		2,552	3,2101	0,003	1,990	2,781	0,000	2,586	2,624	0,757
Cu		10,500	9,199	0,808	7,824	9,136	0,153	10,594	9,000	0,530
Fe		94,167	144,638	0,948	100,000	147,227	0,920	113,375	136,375	0,957
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	43,333	57,249	0,795	47,238	52,318	0,820	49,750	51,813	0,970
Mn		50,250	44,281	0,981	51,667	48,591	0,959	48,625	55,000	0,951
B		39,833	48,570	0,717	38,333	42,227	0,780	41,375	34,688	0,660

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Ca.

O acúmulo diferencial de Mg afetou os teores de P e Mg independentemente da produtividade e de S em produtividades superiores a 3,67 t/ha. Com exceção do teor foliar de P em produtividades inferiores a 3,21 t/ha, em que o menor acúmulo de Mg foi acompanhado de um maior teor de P, em todos outros casos, o menor acúmulo de Mg foi acompanhado de um menor teor foliar de P e S em produtividades superiores a 3,21 t/ha e de Mg em todas as produtividades avaliadas (Tabela 17).

Tabela 17. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Mg na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Uirapuru

		Mg								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		52,114	52,957	0,976	44,060	49,043	0,749	51,360	52,257	0,942
P		2,640	2,409	0,047	2,351	2,794	0,000	3,009	3,356	0,000
K		16,750	17,716	0,794	16,586	19,257	0,094	15,444	18,600	0,302
Ca	g kg <sup>-1</sup>	7,601	7,707	0,934	8,307	8,048	0,633	10,484	9,856	0,449
Mg		2,932	3,311	0,001	2,695	4,000	0,000	<b>2,966</b>	4,584	0,000
S		2,581	2,562	0,848	2,145	2,602	0,000	2,546	3,009	0,000
Cu		11,266	8,685	0,601	8,443	8,186	0,716	10,188	11,375	0,362
Fe		118,672	138,344	0,986	116,000	115,571	0,999	133,750	127,438	0,990
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	55,218	45,457	0,892	51,190	44,571	0,793	50,875	50,625	0,992
Mn		60,521	43,442	0,948	51,286	40,524	0,863	48,500	51,438	0,971
B		43,354	45,408	0,942	39,190	43,2157	0,777	36,063	45,000	0,663

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Mg.

#### 4.1.2.2. Tucano

Para a cultivar Tucano, ao se avaliar o acúmulo de N, na menor produtividade, inferior a 3,21 t/ha, notou-se diferenças apenas quanto ao teor de P. Para os teores foliares de N, P e Ca, foram encontradas diferenças somente na produtividade de 3,21-3,67 t/ha e os teores foliares de Mg e S apresentaram diferenças quanto a produtividade foi superior a 3,21 t/ha (Tabela 18).

Tabela 18. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de N na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Tucano

		N								
		< 3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		45,916	51,531	0,790	42,942	54,757	0,000	<b>44,558</b>	51,438	0,490
P		2,173	2,457	0,001	2,085	3,170	0,000	2,723	3,048	0,058
K	g kg <sup>-1</sup>	16,520	18,303	0,694	16,706	18,167	0,348	18,650	13,960	0,401
Ca		5,990	7,476	0,553	6,647	8,258	0,001	7,970	9,510	0,767
Mg		2,700	3,036	0,071	3,2103	3,514	0,000	3,550	2,970	0,003
S		2,561	2,647	0,447	2,093	2,726	0,000	2,659	2,508	0,001
Cu		7,400	8,100	0,822	8,278	9,000	0,595	10,600	9,800	0,818
Fe		123,400	115,992	0,993	103,944	112,167	0,964	93,800	101,000	0,978
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	35,600	50,376	0,931	45,333	52,667	0,803	60,600	42,400	0,876
Mn		34,800	47,403	0,970	51,000	42,222	0,928	70,400	60,400	0,983
B		39,000	40,117	0,971	48,389	44,278	0,863	54,400	44,000	0,930

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de N.

Para o acúmulo de P, o teor do mesmo apresentou diferença independentemente da produtividade avaliada. Além disso, o teor foliar de S diferiu em produtividades inferiores a 3,67 t/ha. Nas populações de produtividade intermediária, entre 3,21-3,67 t/ha também foi possível notar a influência do acúmulo de P nos teores foliares de N, Ca e Mg (Tabela 19).



Tabela 19. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de P na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Tucano

	P								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N	49,531	49,396	0,996	42,942	53,366	0,009	44,950	51,184	0,546
P	2,228	2,535	0,000	2,059	3,367	0,000	<b>2,385</b>	3,186	0,000
K	17,923	16,450	0,787	16,644	18,192	0,353	18,100	15,320	0,770
Ca	6,936	6,310	0,834	6,619	8,578	0,012	7,100	9,900	0,552
Mg	2,956	2,930	0,868	3,2106	3,536	0,000	3,490	3,110	0,089
S	2,781	2,506	0,006	2,093	2,687	0,000	2,466	2,572	0,126
Cu	7,900	7,600	0,925	8,228	9,611	0,267	10,400	11,000	0,866
Fe	124,192	111,200	0,988	103,889	128,778	0,964	90,400	104,800	0,968
Zn	44,976	39,000	0,978	43,833	53,222	0,787	61,800	49,400	0,902
Mn	39,003	39,600	0,999	48,444	48,944	0,996	73,600	72,400	0,997
B	40,117	37,200	0,911	48,556	48,444	0,997	49,400	50,400	0,994

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de P.

Quanto ao acúmulo de K na parte aérea, observou-se que os teores de P e K diferiram entre as populações de maior e menor acúmulo de K em produtividades inferiores a 3,67 t/ha. Em contrapartida, o teor foliar de Mg apresentou diferenças em produtividades superiores a 3,21 t/ha. Os teores de S diferiram nas três faixas de produtividade avaliadas (Tabela 20).

Tabela 20. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de K na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Tucano

		K								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		50,310	48,221	0,900	47,669	51,850	0,546	47,922	46,966	0,955
P		2,505	2,226	0,000	2,639	3,143	0,000	3,2173	3,2134	0,826
K		15,658	20,143	0,049	14,861	20,592	0,000	<b>13,920</b>	20,080	0,189
Ca	g kg <sup>-1</sup>	5,625	8,636	0,119	7,906	7,989	0,927	9,760	7,940	0,742
Mg		3,017	2,726	0,194	3,2131	3,569	0,000	2,960	3,510	0,012
S		2,708	2,349	0,017	2,364	2,715	0,000	2,536	2,689	0,003
Cu		7,333	7,420	0,980	9,289	9,444	0,943	9,600	10,800	0,717
Fe		108,167	142,792	0,958	114,000	135,833	0,965	100,200	97,000	0,991
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	32,167	52,976	0,877	50,556	46,056	0,889	52,000	60,200	0,929
Mn		24,000	50,203	0,902	51,333	43,389	0,948	72,400	73,800	0,995
B		35,333	43,317	0,670	43,500	51,556	0,765	49,200	53,400	0,971

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de K.

As populações que mais acumularam Ca, em todas as produtividades avaliadas, foram as que apresentaram os menores teores de S. Além disso, os teores foliares de P foram os menores nas populações com maior acúmulo de Ca quando a produtividade foi inferior a 3,21 t/ha. Ao considerar a produtividade intermediária, as populações com maior acúmulo de Ca apresentaram os maiores teores foliares de P, Ca e Mg (Tabela 21).

Tabela 21. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Ca na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Tucano

		Ca								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		49,970	47,993	0,924	46,784	48,678	0,659	50,782	47,622	0,818
P		2,472	2,193	0,000	2,404	2,912	0,000	3,2190	2,992	0,397
K		15,780	19,783	0,232	17,311	17,392	0,936	17,010	17,030	0,999
Ca	g kg <sup>-1</sup>	5,520	8,696	0,136	5,806	10,189	0,000	<b>6,530</b>	10,920	0,108
Mg		2,980	3,2166	0,446	3,2161	3,083	0,001	3,450	3,030	0,058
S		2,734	2,314	0,024	2,434	2,345	0,026	2,667	2,531	0,003
Cu		7,400	7,620	0,955	9,561	7,989	0,507	9,600	11,000	0,632
Fe		114,200	142,992	0,967	101,556	129,500	0,960	91,000	107,000	0,933
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	32,200	49,776	0,918	44,167	51,278	0,851	47,200	55,400	0,941
Mn		25,200	49,803	0,923	46,444	46,278	0,998	51,400	83,2100	0,877
B		35,800	42,517	0,716	52,5	39,611	0,634	48,800	48,6	0,999

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Ca.

Independentemente do acúmulo de Mg, o teor foliar desse nutriente variou em todas as classes de produtividade. Em produtividades inferiores a 3,21 t/ha, as populações com menor acúmulo de Mg apresentaram os menores teores desse nutriente, já em produtividades superiores a 3,21 t/ha, as populações com menor acúmulo de Mg apresentaram um menor teor foliar desse nutriente. Além disso, as lavouras que menos acumularam Mg, apresentaram os menores teores foliares de S em produtividades superiores a 3,21 t/ha e os menores teores de P em produtividades inferiores a 3,21 t/ha (Tabela 22).

Tabela 22. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Mg na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Tucano

		Mg								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		45,572	50,473	0,814	45,599	51,538	0,403	49,870	46,826	0,845
P		2,160	2,379	0,001	2,410	3,079	0,000	2,941	3,2152	0,650
K		16,800	18,643	0,646	16,458	19,283	0,061	16,390	19,780	0,652
Ca	g kg <sup>-1</sup>	6,008	7,836	0,385	7,747	8,406	0,485	9,390	7,580	0,700
Mg		2,508	3,356	0,000	2,425	3,839	0,000	<b>2,940</b>	3,720	0,000
S		2,508	2,498	0,955	2,132	2,629	0,000	2,618	2,731	0,002
Cu		7,167	7,880	0,819	9,033	9,028	0,997	10,000	11,400	0,667
Fe		123,500	112,392	0,983	104,944	120,556	0,938	104,000	96,200	0,978
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	39,000	47,176	0,965	50,222	48,556	0,962	55,400	62,600	0,919
Mn		35,333	47,203	0,969	54,833	44,556	0,929	70,200	76,200	0,972
B		40,833	39,917	0,978	46,722	49,056	0,916	52,000	57,400	0,962

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Mg.

#### 4.1.2.3. Pintado

Para a cultivar Pintado, ao se avaliar a influência do acúmulo de N nos teores foliares, foi possível notar que, nas produtividades consideradas, os teores de P e S diferiram entre as populações com acúmulo 30 % superiores e inferiores de N. Os teores foliares de K e Mg apresentaram diferenças apenas na faixa de 3,21-3,67 t/ha. Além disso, foi possível notar diferenças quanto aos teores de N e Ca em produtividades superiores a 3,21 t/ha (Tabela 23).

Tabela 23. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de N na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Pintado.

		N								
		< 3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		54,127	51,769	0,737	49,650	60,151	0,000	<b>47,010</b>	60,142	0,000
P		2,684	2,419	0,001	3,2168	3,414	0,000	2,946	3,389	0,000
K		19,093	16,036	0,428	16,002	19,411	0,000	18,978	19,689	0,935
Ca	g kg <sup>-1</sup>	6,886	7,207	0,906	9,952	7,328	0,000	7,833	6,778	0,000
Mg		3,400	3,257	0,695	2,941	3,857	0,000	4,278	4,011	0,105
S		2,267	2,647	0,000	2,328	3,305	0,000	2,522	3,704	0,000
Cu		10,857	9,286	0,906	10,000	9,870	0,891	10,856	10,000	0,605
Fe		107,286	117,714	0,991	117,391	150,087	0,974	95,667	243,000	0,990
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	55,571	54,571	0,996	60,217	54,000	0,865	54,556	47,444	0,178
Mn		59,857	57,143	0,995	51,391	43,304	0,891	47,000	41,000	0,875
B		40,857	46,857	0,876	38,913	47,087	0,403	46,000	45,889	0,998

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de N.

Quanto ao acúmulo de P, as populações de maior e menor acúmulo apresentaram diferenças nos teores foliares de P e Mg independentemente da produtividade avaliada. Os teores foliares de Ca e S diferiram em produtividades inferiores a 3,2 t/ha e superiores a 3,21t/ha respectivamente. Além disso, foi possível notar diferenças quanto ao teor foliar de K somente na faixa de produtividade intermediária (Tabela 24).

Tabela 24. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de P na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Pintado

		P								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		56,066	50,851	0,192	52,037	59,093	0,080	47,742	54,877	0,351
P		2,463	3,020	0,000	2,732	3,515	0,000	<b>2,651</b>	3,484	0,000
K		17,807	17,229	0,906	16,589	19,467	0,003	15,428	22,639	0,222
Ca	g kg <sup>-1</sup>	5,057	9,843	0,000	9,113	7,707	0,010	8,794	7,811	0,320
Mg		4,021	2,636	0,000	3,2159	3,987	0,000	3,728	4,594	0,000
S		2,564	2,550	0,890	2,408	3,305	0,000	2,252	3,324	0,000
Cu		12,429	9,143	0,877	8,739	10,087	0,178	13,2156	9,556	0,409
Fe		105,429	143,2157	0,985	123,696	153,739	0,975	86,444	161,889	0,973
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	59,571	48,000	0,965	55,000	52,783	0,949	55,889	51,444	0,678
Mn		70,286	34,286	0,924	51,087	42,565	0,863	57,111	48,667	0,946
B		37,714	40,000	0,947	38,652	47,696	0,164	40,889	53,222	0,738

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de P.

As populações com os 30 % maiores e menores acúmulos de K na parte aérea apresentaram diferenças quanto aos teores foliares de P independente da produtividade. Os teores foliares de K, Mg e S apresentaram diferenças em produtividades acima de 3,21t/ha MSG. Além disso, na produtividade de 3,21-3,2 t/ha, houve diferenças quanto ao teor foliar de Ca entre as populações de maior e menor acúmulo de K (Tabela 25).

Tabela 25. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de K na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Pintado

		K								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		54,339	51,649	0,727	51,121	56,911	0,153	47,518	49,976	0,550
P		2,503	3,2167	0,000	3,2170	3,272	0,000	2,691	3,336	0,000
K		16,321	18,650	0,623	14,959	20,830	0,000	<b>14,800</b>	25,106	0,008
Ca	g kg <sup>-1</sup>	6,493	8,843	0,319	9,920	8,046	0,011	8,917	8,083	0,374
Mg		3,879	3,150	0,118	3,2174	3,998	0,000	3,672	5,167	0,000
S		2,514	2,597	0,387	2,349	3,225	0,000	2,164	3,244	0,000
Cu		10,143	20,857	0,934	9,522	9,522	1,000	13,411	8,222	0,114
Fe		105,857	150,571	0,979	104,783	124,435	0,873	83,222	124,444	0,734
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	53,2157	69,571	0,969	59,783	49,826	0,802	55,778	54,333	0,881
Mn		63,857	84,143	0,993	49,826	50,652	0,991	51,333	64,111	0,899
B		36,286	57,571	0,911	36,348	46,130	0,126	39,444	58,889	0,108

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de K.

Dentro da faixa de produtividade de 3,21-3,67 t/ha, as populações que menos acumularam Ca, apresentaram os menores teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S. Os teores foliares de P e S foram menores nas lavouras que menos acumularam Ca quando a produtividade foi superior a 3,67 t/ha. Em contrapartida, na produtividade superior a 3,67 t/ha, os teores foliares de Ca foram maiores nas populações que mais acumularam esse nutriente. Ainda, quando a produtividade foi inferior a 3,21 t/ha, as plantas com menor acúmulo de Ca apresentaram os menores teores de P e Ca e o maior teor de Mg (Tabela 26).

Tabela 26. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Ca na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Pintado

		Ca								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		55,881	50,373	0,207	59,347	50,633	0,000	56,423	49,726	0,518
P		2,536	2,983	0,000	3,206	2,913	0,000	3,272	3,074	0,004
K		18,950	16,743	0,331	19,167	16,437	0,005	20,928	19,444	0,863
Ca	g kg <sup>-1</sup>	5,100	10,100	0,000	6,446	11,100	0,000	<b>6,594</b>	9,378	0,000
Mg		3,929	3,2171	0,001	3,713	3,207	0,000	4,239	4,356	0,622
S		2,470	2,431	0,779	3,051	2,567	0,000	3,391	2,663	0,000
Cu		13,429	8,714	0,815	9,217	9,435	0,804	9,411	11,667	0,611
Fe		108,857	155,000	0,987	133,478	113,217	0,936	202,778	102,556	0,993
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	62,286	44,429	0,946	44,609	55,348	0,781	49,778	55,000	0,688
Mn		71,857	29,714	0,911	39,087	59,870	0,659	47,778	56,778	0,894
B		41,143	37,143	0,909	42,043	37,217	0,223	49,556	48,222	0,966

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Ca.

Os teores foliares de Mg foram maiores nas populações que mais acumularam esse nutriente, independentemente da produtividade. Além disso, as populações com maior acúmulo de Mg apresentaram, em produtividades superiores a 3,21 t/ha, maiores teores de P, K e S. Em produtividade inferior a 3,21 t/ha, os teores foliares de P foram superiores nas populações que menos acumularam Mg (Tabela 27).



Tabela 27. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Mg na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B da cultivar Pintado

		Mg								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		55,385	51,001	0,311	53,028	57,052	0,346	50,851	50,614	0,986
P		3,2143	2,269	0,000	3,2185	3,310	0,000	2,751	3,328	0,000
K		19,617	15,186	0,259	16,676	19,187	0,007	14,913	24,656	0,029
Ca	g kg <sup>-1</sup>	7,725	6,943	0,695	9,350	7,796	0,016	8,131	8,238	0,923
Mg		3,075	4,171	0,000	2,420	4,298	0,000	<b>3,506</b>	5,169	0,000
S		2,662	2,453	0,051	2,399	3,121	0,000	2,595	3,251	0,001
Cu		8,000	20,429	0,930	9,435	9,739	0,749	12,213	8,250	0,231
Fe		107,000	134,857	0,988	125,261	130,348	0,994	97,875	123,2175	0,942
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	47,833	69,571	0,958	61,043	44,826	0,588	54,750	53,875	0,944
Mn		40,833	106,000	0,971	51,652	43,130	0,876	54,375	65,250	0,916
B		38,833	56,429	0,939	38,652	45,174	0,396	38,750	58,625	0,146

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Mg.

### 4.1.3. Teores de nutrientes nos grãos das cultivares mais frequentes

#### 4.1.3.1. Uirapuru

Ao avaliar a influência do acúmulo diferencial N na parte aérea no teor de nutrientes no grão de soja foi possível notar que as populações que mais acumularam N na parte aérea, foram as que apresentaram os maiores teores de N e P em produtividades superiores a 3,21 t/ha. Ainda para produtividades superiores a 3,21 t/ha, foi possível notar diferenças nos teores no grão de Ca e Mg. Os teores no grão de Ca e Mg foram superiores nas populações que mais acumularam N na produtividade entre 3,21-3,67 t/ha. Quando a produtividade superou 3,67 t/ha, as populações que mais acumularam N foram as que apresentaram os menores teores de K, Ca e Mg no grão. Os teores de Ca no grão de soja ainda variaram quando a produtividade foi inferior a 3,21 t/ha, sendo que o maior teor de Ca foi encontrado nas lavouras com maior acúmulo de Ca (Tabela 28).

Tabela 28. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de N na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Uirapuru

		N								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		87,552	98,373	0,815	72,115	88,782	0,000	<b>76,225</b>	86,143	0,001
P		8,016	8,066	0,888	6,493	8,008	0,000	7,085	7,322	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	17,272	17,807	0,674	15,748	15,765	0,951	15,717	14,746	0,001
Ca		3,070	3,254	0,000	2,640	2,789	0,000	2,664	2,644	0,000
Mg		3,771	3,672	0,271	3,532	3,578	0,000	3,412	3,182	0,000
Cu		40,953	39,415	0,990	35,462	49,713	0,647	49,440	60,681	0,821
Fe		125,160	142,577	0,918	104,543	157,295	0,832	107,906	168,042	0,816
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	106,667	102,390	0,961	85,981	85,289	0,742	78,087	75,534	0,100
Mn		47,200	43,864	0,934	40,624	40,364	0,899	36,044	37,659	0,396
B		40,331	40,563	0,981	33,965	34,751	0,524	32,062	33,236	0,452

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de N.

O maior acúmulo de P na parte aérea propiciou um maior teor de P no grão, independentemente da produtividade avaliada. Além disso, para produtividade acima de 3,21 t/ha, os teores de Ca foram maiores nos grãos das plantas que mais acumularam P, enquanto que para produtividades inferiores a 3,21 t/ha, as plantas que mais acumularam P apresentaram os menores teores de Ca no grão. Para produtividades superiores a 3,67 e inferiores a 3,21 t/ha, o menor acúmulo de P na parte aérea levou a maiores teores de Mg nos grãos. Ainda, os teores no grão de N e Mg foram superiores nas plantas que apresentaram um maior acúmulo de P quando a produtividade foi de 3,21-3,67 t/ha (Tabela 29).

Tabela 29. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de P na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Uirapuru

	P								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N	97,184	93,319	0,927	72,528	87,744	0,000	77,841	83,624	0,433
P	8,104	8,709	0,042	6,503	8,045	0,000	<b>6,937</b>	7,456	0,000
K g kg <sup>-1</sup>	18,281	16,868	0,274	15,699	16,022	0,260	15,386	15,402	0,967
Ca	3,250	3,163	0,033	2,655	3,2130	0,000	2,618	2,644	0,000
Mg	4,053	3,589	0,000	3,533	3,593	0,000	3,374	3,207	0,000
Cu	42,484	39,565	0,985	35,196	47,869	0,549	51,279	64,400	0,857
Fe	128,406	143,627	0,935	106,059	144,389	0,637	118,034	161,511	0,926
Zn mg kg <sup>-1</sup>	111,093	100,480	0,881	86,032	85,323	0,709	78,094	75,612	0,349
Mn	50,680	46,126	0,897	40,616	40,074	0,829	37,391	37,293	0,977
B	42,537	37,671	0,535	33,869	34,591	0,594	32,194	33,939	0,342

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de P.

Quanto à influência do K na parte aérea no teor de nutrientes nos grãos de soja, é possível notar que em baixas produtividades, menores que 3,21 t/ha, somente os teores de P e Mg foram afetados, sendo que em ambos os casos, as lavouras com maior acúmulo de K apresentaram os menores teores de P e Mg. Em produtividade intermediária, entre 3,21 e 3,67 t/ha, os teores no grão de P, K, Ca, Mg, Zn e B foram afetados. As lavouras com maior acúmulo de K apresentaram os maiores teores de P, K, Mg e B. Os teores de Ca e Zn no grão foram maiores nas populações que menos acumularam K na parte aérea. Ao considerar a produtividade superior, acima de 3,67 t/ha, as populações com maior acúmulo de K foram as que apresentaram os maiores teores de K no grão e os menores teores de P, Ca e Mg (Tabela 30).

Tabela 30. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de K na parte aérea de lavouras de soja com diferentes potenciais produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Uirapuru

		K								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		97,389	94,710	0,921	82,262	82,472	0,979	82,943	80,593	0,729
P		8,718	8,055	0,012	7,391	7,555	0,029	7,403	7,245	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	16,962	18,083	0,343	14,570	17,045	0,000	<b>13,484</b>	16,245	0,000
Ca		3,211	3,157	0,112	3,2123	2,715	0,000	2,777	2,601	0,000
Mg		4,055	3,540	0,000	3,412	3,581	0,000	3,332	3,269	0,000
Cu		35,236	49,650	0,912	43,2128	40,194	0,943	55,452	58,920	0,968
Fe		131,248	140,757	0,962	138,854	139,762	0,998	144,840	135,649	0,978
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	110,464	100,910	0,886	87,605	84,233	0,029	79,127	75,855	0,265
Mn		50,592	45,833	0,884	42,256	38,591	0,087	40,279	36,638	0,201
B		40,036	40,796	0,928	33,454	34,843	0,009	31,749	33,592	0,227

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de K.

O teor de Ca no grão foi maior nas populações que mais acumularam Ca em todas as produtividades avaliadas. Além disso, as populações com maior acúmulo de Ca, apresentaram os maiores teores de P em produtividades superiores a 3,21 t/ha. Os teores de K e Mg também foram afetados pelo acúmulo de Ca, sendo que quanto menor o acúmulo de Ca maior o teor de K, em produtividades superiores acima de 3,21 t/ha, e Mg para todas as produtividades avaliadas (Tabela 31).

Tabela 31. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Ca na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Uirapuru

		Ca								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		93,599	92,799	0,983	76,159	84,694	0,245	80,695	82,277	0,846
P		8,385	7,970	0,141	6,850	7,673	0,000	7,157	7,366	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	17,442	17,434	0,995	15,988	15,341	0,020	15,444	13,875	0,001
Ca		3,034	3,222	0,000	2,577	2,906	0,000	<b>2,568</b>	3,2121	0,000
Mg		4,009	3,585	0,000	3,520	3,452	0,000	3,424	3,225	0,000
Cu		43,2108	38,997	0,975	35,545	43,676	0,780	55,377	48,861	0,943
Fe		115,653	147,211	0,943	113,243	150,282	0,897	125,678	147,466	0,943
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	108,324	99,751	0,911	86,340	85,268	0,546	78,849	76,271	0,355
Mn		49,991	43,818	0,863	41,755	40,180	0,492	38,234	38,662	0,909
B		40,327	39,725	0,945	34,021	34,737	0,580	33,435	30,841	0,051

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Ca.

As populações que mais acumularam Mg apresentaram os maiores teores de P, K e Mg no grão de soja em produtividades superiores a 3,21 t/ha. Para produtividades inferiores a 3,21 t/ha, o teor de P no grão foi maior nas populações que menos acumularam Mg. Em todas as produtividades avaliadas, o menor acúmulo de Mg levou a um maior teor de Ca nos grãos de soja. Além disso, o teor de Zn foi maior nas lavouras com menor acúmulo de Mg em produtividade intermediária (Tabela 32).

Tabela 32. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Mg na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Uirapuru

	Mg								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N	96,374	89,138	0,839	78,318	81,394	0,741	81,454	82,222	0,906
P	8,821	7,675	0,000	7,079	7,366	0,000	7,245	7,543	0,000
K g kg <sup>-1</sup>	18,208	16,919	0,250	15,601	16,358	0,000	14,496	15,542	0,015
Ca	3,275	2,913	0,000	2,757	2,701	0,000	2,755	2,718	0,000
Mg	3,807	3,744	0,479	3,260	3,681	0,000	<b>3,229</b>	3,322	0,000
Cu	46,510	36,620	0,933	39,054	38,558	0,983	54,622	61,240	0,888
Fe	133,577	142,544	0,987	125,554	125,644	1,000	144,261	138,104	0,987
Zn mg kg <sup>-1</sup>	113,898	94,314	0,727	86,954	83,086	0,009	77,647	78,211	0,793
Mn	52,685	43,437	0,777	41,249	38,442	0,303	37,769	38,600	0,778
B	41,856	38,401	0,647	34,202	34,919	0,524	31,449	34,282	0,122

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Mg.

#### 4.1.3.2. Tucano

Ao avaliar a influência do acúmulo diferencial de N no teor de nutrientes no grão da cultivar de soja Tucano, nota-se que na produtividade intermediária (entre 3,21-3,67 t/ha) as lavouras com maior acúmulo de N foram as que apresentaram os grãos de soja com os maiores teores de N, P, Ca e Mg. As populações com maior acúmulo de N apresentaram os menores teores de Ca e Mg nos grãos de soja, em produtividades inferiores a 3,21 t/ha e superiores a 3,67 t/ha respectivamente (Tabela 33).

Tabela 33. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de N na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Tucano

		N								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		100,122	91,015	0,946	78,661	86,531	0,004	<b>76,790</b>	81,469	0,571
P		9,368	8,078	0,360	7,002	7,802	0,000	7,070	7,249	0,297
K	g kg <sup>-1</sup>	20,107	17,765	0,605	15,932	16,091	0,523	15,735	13,853	0,085
Ca		3,479	3,019	0,036	2,664	2,743	0,000	2,581	2,632	0,070
Mg		3,949	3,687	0,344	3,337	3,562	0,000	3,413	3,193	0,000
Cu		25,394	32,253	0,935	36,754	42,634	0,892	55,737	52,946	0,979
Fe		146,993	127,815	0,974	116,135	122,550	0,951	109,518	116,987	0,964
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	114,706	101,663	0,924	88,752	85,967	0,053	80,060	75,313	0,524
Mn		52,204	45,460	0,844	42,306	39,106	0,326	42,105	38,999	0,825
B		44,400	38,148	0,668	37,657	35,558	0,362	37,058	33,618	0,717

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de N.

Os teores no grão de N, P, Ca e Mg foram superiores nas populações que mais acumularam P na parte aérea quando a produtividade foi entre 3,21-3,67 t/ha. Além disso, essas mesmas populações apresentaram os maiores teores de P e Ca quando a produtividade foi superior a 3,67 t/ha. Ainda em produtividades superiores a 3,67 t/ha, o teor de Mg no grão foi superior nas populações que menos acumularam P. Em produtividades inferiores a 3,21 t/ha, os teores no grão de Ca e Mg, foram superiores nas lavouras com menor acúmulo de P (Tabela 34).

Tabela 34. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de P na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Tucano

		P								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		104,628	88,217	0,845	78,632	85,604	0,024	76,784	81,434	0,554
P		9,609	8,043	0,161	6,973	7,978	0,000	<b>6,740</b>	7,382	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	20,994	16,784	0,083	15,902	16,124	0,403	15,478	14,342	0,485
Ca		3,658	3,2131	0,000	2,659	2,773	0,000	2,475	2,678	0,000
Mg		4,170	3,583	0,007	3,337	3,578	0,000	3,361	3,235	0,011
Cu		27,297	30,122	0,976	36,516	45,903	0,813	55,435	59,496	0,965
Fe		148,618	123,627	0,964	116,084	135,396	0,953	107,097	119,841	0,957
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	120,143	95,914	0,658	88,068	86,317	0,384	79,239	76,916	0,840
Mn		54,516	42,098	0,527	41,751	40,515	0,764	42,509	41,329	0,918
B		45,598	36,574	0,202	37,698	36,729	0,739	35,576	35,389	0,987

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de P.

O acúmulo diferencial de K afetou o teor no grão desse nutriente em produtividades superiores a 3,21 t/ha, onde as lavouras com maior acúmulo de K apresentaram os maiores teores de K e Mg no grão. As populações com menor acúmulo de K, apresentaram os maiores teores no grão de P e Mg em produtividades inferiores a 3,21 t/ha. O menor acúmulo de K na parte aérea propiciou ainda um maior teor de P em produtividades intermediárias. Em produtividades superiores a 3,67 t/ha, o teor de Ca no grão foi superior nas populações com menor acúmulo de K (Tabela 35).



Tabela 35. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de K na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Tucano

		K								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		102,418	86,967	0,842	81,947	84,580	0,567	78,837	78,628	0,986
P		9,581	7,664	0,021	7,444	7,813	0,000	7,102	7,168	0,721
K	g kg <sup>-1</sup>	19,431	18,187	0,779	15,098	17,028	0,000	<b>13,850</b>	16,216	0,028
Ca		3,365	3,087	0,144	2,749	2,736	0,128	2,658	2,570	0,022
Mg		4,113	3,412	0,005	3,318	3,606	0,000	3,195	3,380	0,001
Cu		25,114	29,392	0,961	43,2190	44,900	0,977	51,736	56,897	0,959
Fe		134,348	146,286	0,982	123,810	140,955	0,955	116,191	112,165	0,983
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	111,723	99,671	0,935	88,291	85,473	0,136	76,876	80,315	0,721
Mn		47,745	45,510	0,966	41,830	39,340	0,598	41,551	42,931	0,785
B		42,462	38,565	0,836	35,867	37,813	0,438	35,117	36,795	0,868

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de K.

Os maiores teores de Ca no grão foram encontrados nas populações que mais acumularam esse nutriente quando a produtividade foi superior a 3,21 t/ha. O mesmo aconteceu para os teores de P no grão em produtividades intermediárias. Ainda nessa faixa de produtividade, as populações com menor acúmulo de Ca apresentaram os maiores teores de K e B no grão. Já em produtividades inferiores a 3,21 t/ha, os teores de P e Mg no grão foram superiores nas lavouras com menor acúmulo de Ca (Tabela 36).

Tabela 36. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Ca na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Tucano

	Ca								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N	104,491	86,768	0,832	81,669	81,807	0,960	81,340	78,757	0,790
P	9,816	7,625	0,015	7,290	7,558	0,000	7,205	7,212	0,958
K g kg <sup>-1</sup>	19,991	18,045	0,679	16,154	15,782	0,009	15,140	14,930	0,917
Ca	3,455	3,095	0,092	2,566	2,907	0,000	<b>2,432</b>	2,770	0,000
Mg	4,171	3,527	0,003	3,371	3,389	0,271	3,378	3,195	0,001
Cu	24,939	30,427	0,956	43,804	37,092	0,927	50,148	59,695	0,898
Fe	141,072	146,429	0,992	114,443	136,112	0,948	107,430	121,722	0,903
Zn mg kg <sup>-1</sup>	114,806	98,740	0,917	87,827	85,253	0,165	77,793	77,834	0,997
Mn	49,829	45,394	0,934	41,300	39,694	0,728	38,407	43,522	0,579
B	43,778	38,317	0,763	38,787	33,959	0,025	35,364	35,050	0,978

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Ca.

O acúmulo diferencial do Mg não afetou o teor dos nutrientes nos grãos de soja em produtividades inferiores a 3,21 t/ha. Na produtividade intermediária, 3,21-3,67 t/ha, os teores de P, K, Ca e Mg no grão de soja foram superiores nas lavouras com maior acúmulo de Mg. Ainda nessa produtividade, o teor de Zn no grão foi inferior nas populações com maior acúmulo de Mg. Para a produtividade superior a 3,67 t/ha, houve ainda variação nos teores de Ca no grão, onde as populações com menor acúmulo de Mg, apresentaram maior teor de Ca (Tabela 37).

Tabela 37. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Mg na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Tucano

		Mg								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		97,261	90,140	0,957	80,654	84,410	0,461	80,752	78,551	0,845
P		9,055	7,995	0,442	7,290	7,765	0,000	7,247	7,186	0,767
K	g kg <sup>-1</sup>	19,656	17,893	0,669	15,813	16,569	0,003	14,873	16,128	0,338
Ca		3,366	3,062	0,114	2,756	2,777	0,020	2,674	2,542	0,002
Mg		3,713	3,885	0,581	3,122	3,715	0,000	<b>3,234</b>	3,445	0,000
Cu		24,819	31,091	0,938	41,001	42,546	0,977	52,499	60,304	0,934
Fe		144,473	125,155	0,960	116,905	128,953	0,917	118,319	111,494	0,970
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	112,415	100,393	0,930	89,328	85,976	0,022	79,399	80,646	0,854
Mn		50,696	45,325	0,890	43,016	39,659	0,385	42,076	43,308	0,799
B		43,761	38,102	0,681	37,134	37,167	0,988	36,277	37,790	0,871

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Mg.

#### 4.1.3.3. Pintado

Ao avaliara o acúmulo diferencial de N nas plantas de soja da cultivar Pintado foi possível notar que houve influência nos teores de nutrientes nos grãos da soja. Independentemente da produtividade avaliada, as populações que menos acumularam N foram as que apresentaram os maiores teores de Ca no grão. Os teores de P e Mg no grão, em produtividade inferior a 3,21 t/ha, foram maiores nas populações com menor acúmulo de N. Em produtividades superiores a 3,21 t/ha, as populações com menor acúmulo de N foram as que apresentaram os menores teores de N, P, Ca e Mg. Os teores de K no grão apresentaram diferenças somente na produtividade intermediária, 3,21-3,67 t/ha, sendo que o maior teor de K foi encontrado nas lavouras com maior acúmulo de N. Além disso, para produtividades superiores a 3,21 t/ha, o menor acúmulo de N foi acompanhado de um maior teor de Zn nos grãos (Tabela 38).

Tabela 38. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de N na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Pintado

		N								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		111,235	87,068	0,859	83,426	89,794	0,001	<b>78,741</b>	88,052	0,000
P		10,325	7,511	0,024	7,664	7,910	0,000	7,278	7,604	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	22,030	15,952	0,337	15,495	16,422	0,000	15,679	16,082	0,703
Ca		3,673	2,791	0,000	2,937	2,625	0,000	2,576	2,463	0,000
Mg		4,571	3,572	0,010	3,322	3,580	0,000	3,353	3,445	0,000
Cu		42,365	40,853	0,997	46,918	48,153	0,965	57,074	52,409	0,936
Fe		139,067	126,532	0,983	126,260	152,337	0,964	111,100	232,144	0,988
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	131,229	93,964	0,832	89,044	84,935	0,018	80,122	78,690	0,001
Mn		61,318	44,798	0,704	41,803	39,066	0,275	38,294	37,009	0,488
B		46,509	38,090	0,599	34,389	36,155	0,084	34,697	34,724	0,994

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de N.

Os grãos de soja das lavouras com maior acúmulo de P apresentaram os maiores teores de P e K e os menores teores de Ca em produtividades superiores a 3,21 t/ha. O teor no grão de Mg foi superior nas populações com menor acúmulo de P para produtividades inferiores a 3,21 t/ha e para produtividades superiores a 3,67 t/ha. Na produtividade intermediária, o maior teor de Mg no grão foi encontrado nas populações com maior acúmulo de P. Houve ainda influência do acúmulo de P nos teores de B no grão, onde as populações com menor acúmulo de P apresentaram os menores teores de B no grão (Tabela 39).

Tabela 39. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de P na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Pintado

		P								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		111,780	87,711	0,854	85,128	89,133	0,145	78,907	84,090	0,217
P		9,962	8,283	0,290	7,549	8,002	0,000	<b>6,974</b>	7,619	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	21,254	16,746	0,585	15,704	16,462	0,000	14,409	16,891	0,003
Ca		3,396	3,142	0,244	3,2159	2,668	0,000	2,619	2,542	0,000
Mg		4,868	3,333	0,000	3,270	3,635	0,000	3,330	3,217	0,000
Cu		50,772	38,965	0,983	40,103	49,173	0,757	70,374	50,587	0,893
Fe		137,308	145,447	0,994	131,112	155,179	0,966	104,141	166,672	0,967
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	129,333	96,015	0,880	88,197	85,025	0,107	78,619	78,092	0,694
Mn		62,562	40,927	0,551	41,806	39,034	0,226	39,459	38,045	0,693
B		44,939	36,491	0,699	34,368	36,393	0,006	33,022	36,435	0,286

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de P.

O maior acúmulo de K, para produtividades superiores a 3,21 t/ha, levou a maiores teores no grão de P, K e B. Para todas as produtividades avaliadas, os maiores teores de Ca no grão foram encontrados nas populações com menor acúmulo de K. A influência do acúmulo de K no teor de Mg no grão apresentou a mesma tendência quando influenciado pelo acúmulo de P, onde o menor acúmulo do nutriente foi acompanhado de maior teor de Mg no grão em produtividades extremas (inferior a 3,21 t/ha e superior a 3,67 t/ha) e menor teor de Mg no grão na produtividade intermediária (3,21-3,67 t/ha). Além disso, os teores de Zn em produtividades intermediárias foram superiores nas populações com menor acúmulo de K nas plantas de soja (Tabela 40).

Tabela 40. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de K na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Pintado

		K								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		109,332	88,535	0,896	84,413	87,471	0,254	78,788	80,627	0,406
P		9,872	8,164	0,298	7,649	7,794	0,000	7,013	7,517	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	20,396	17,359	0,763	15,074	16,903	0,000	<b>14,227</b>	17,630	0,000
Ca		3,516	3,054	0,020	2,928	2,684	0,000	2,634	2,570	0,000
Mg		4,719	3,595	0,003	3,301	3,635	0,000	3,362	3,099	0,000
Cu		39,895	99,120	0,986	44,482	46,284	0,948	73,552	42,539	0,794
Fe		136,773	151,068	0,988	116,777	132,551	0,822	101,409	135,552	0,675
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	125,942	99,470	0,919	88,627	83,937	0,024	78,794	78,570	0,893
Mn		60,316	48,040	0,883	41,434	40,309	0,689	38,498	40,967	0,325
B		43,821	41,444	0,948	33,545	35,860	0,001	32,685	38,013	0,000

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de K.

O acúmulo de Ca afetou o teor desse nutriente no grão somente para produtividades superiores a 3,21 t/ha, onde as populações com maior acúmulo de Ca apresentaram os maiores teores no grão desse nutriente. Os teores de Mg no grão foram superiores nas populações com menor acúmulo de Ca em todas as produtividades avaliadas. Além disso, na produtividade intermediária, entre 3,21-3,67 t/ha, os teores de N, P, K e B foram superiores nas populações que apresentaram o menor acúmulo de Ca. Além disso, os teores de P foram superiores nas populações com menor acúmulo de Ca para produtividades superiores a 3,67 t/ha (Tabela 41).

Tabela 41. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Ca na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Pintado

		Ca								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		112,304	87,572	0,842	90,402	83,503	0,000	85,556	80,208	0,330
P		10,125	8,278	0,184	7,922	7,602	0,000	7,543	7,265	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	21,906	16,614	0,392	16,625	15,471	0,000	16,492	15,737	0,405
Ca		3,434	3,181	0,209	2,599	2,995	0,000	<b>2,458</b>	2,654	0,000
Mg		4,851	3,470	0,000	3,628	3,445	0,000	3,439	3,169	0,000
Cu		55,497	36,545	0,972	42,986	44,777	0,946	48,474	64,025	0,924
Fe		139,918	154,091	0,993	138,867	123,515	0,917	198,462	117,904	0,992
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	131,465	95,403	0,849	86,258	86,338	0,980	79,648	77,553	0,061
Mn		63,464	39,779	0,446	39,353	42,748	0,090	38,661	39,202	0,782
B		46,430	35,730	0,497	35,379	33,493	0,000	35,897	34,959	0,699

Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Ca.

Os teores no grão de P, K, Ca e Mg foram afetados pelo acúmulo diferencial de Mg em produtividades superiores a 3,21 t/ha. Com exceção do teor de Ca no grão na produtividade de 3,21-3,67 t/ha, em que o seu maior valor se deu nas populações com menor acúmulo de Mg, os outros nutrientes citados apresentaram os maiores teores nas populações com maior acúmulo de Mg. Além disso, em produtividades inferiores a 3,21 t/ha, o teor de Ca e P no grão foram superiores nas populações com menor acúmulo de Mg. Esse mesmo padrão, maior teor de nutriente no grão nas populações com menor acúmulo de Mg, ocorreu para o Zn em produtividade intermediária. Para produtividades superiores a 3,67 t/ha, o teor de B também foi afetado, sendo superior nas populações com maior acúmulo de Mg (Tabela 42).

Tabela 42. Influência do baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Mg na parte aérea de lavouras de soja com diferentes produtividades nos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B nos grãos da cultivar Pintado

		Mg								
		<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			3,67 t/ha >		
		< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
N		113,495	87,701	0,862	85,997	87,675	0,546	81,218	81,031	0,980
P		10,576	7,528	0,027	7,688	7,839	0,000	7,072	7,494	0,000
K	g kg <sup>-1</sup>	22,493	15,862	0,349	15,759	16,355	0,000	14,275	17,479	0,000
Ca		3,818	3,2134	0,000	3,2188	2,667	0,000	2,568	2,578	0,041
Mg		4,412	4,106	0,482	3,089	3,706	0,000	<b>3,377</b>	3,065	0,000
Cu		28,428	97,218	0,985	43,805	47,291	0,902	66,085	42,908	0,845
Fe		140,857	139,257	0,999	132,251	137,126	0,989	113,278	134,470	0,925
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	130,677	97,907	0,895	89,623	83,193	0,000	78,942	78,181	0,648
Mn		58,226	52,135	0,949	41,901	39,110	0,219	39,246	41,031	0,463
B		46,284	40,905	0,875	34,368	35,652	0,091	32,518	37,880	0,001

N, P, K, Ca e Mg apresentados em g kg<sup>-1</sup>; Cu, Fe, Zn, Mn e B apresentados em mg kg<sup>-1</sup>. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Mg.

## 4.2. Teores de MOS, P, K, Ca e Mg no solo

### 4.2.1. População geral

Ao se avaliar os teores de matéria orgânica no solo (MOS), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) da análise de solos das populações que apresentaram maior e menor acúmulo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea, foi possível notar algumas diferenças.

Para o N, no caso das populações que apresentaram produtividades inferiores a 3,67 t/ha é possível notar que as plantas que apresentaram o maior acúmulo de N foram as cultivadas sob solo com maior teor de K nas profundidades A (0-0,15 m) e B (0,15-0,30 m). Já na faixa de produtividade de 3,21-3,67 t/ha, com exceção do P, Ca e Mg na profundidade A, as plantas que apresentaram maior acúmulo de N, foram as plantas cultivadas em solos com maiores teores de MOS e K na profundidade A e MOS, P, K, Ca e Mg na profundidade B. Para produtividades superiores a 3,67 t/ha, somente o teor K na profundidade A apresentou diferenças quanto a



propiciar um maior acúmulo de N na parte aérea, sendo superior quando comparado com o teor de K na profundidade A das planta com menor acúmulo de N. (Tabela 43).

Tabela 43. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de N na parte aérea

	N								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	25,463	26,927	0,719	28,807	31,410	0,017	<b>27,582</b>	31,782	0,269
P_A	14,512	21,488	0,512	13,590	21,542	0,058	18,309	29,691	0,433
K_A	1,120	1,351	0,000	0,881	1,275	0,000	1,111	1,275	0,000
Ca_A	19,220	22,098	0,769	17,855	24,566	0,058	21,909	30,927	0,792
Mg_A	11,390	10,049	0,602	9,602	11,313	0,128	11,255	13,218	0,638
MOS_B	18,488	19,146	0,773	19,000	21,880	0,000	<b>18,800</b>	21,782	0,155
P_B	4,195	5,122	0,466	2,627	6,494	0,000	5,455	7,291	0,285
K_B	0,5195	0,6415	0,000	0,3819	0,6819	0,000	0,6164	0,6036	0,086
Ca_B	7,293	9,610	0,411	4,747	10,831	0,000	8,255	13,218	0,672
Mg_B	3,927	3,415	0,236	2,819	4,578	0,000	4,745	5,818	0,672

Matéria orgânica (MOS) em  $\text{g dm}^{-3}$ ; Fósforo (P), pelo método da resina, em  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em  $\text{mmolc dm}^{-3}$ ; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de N.

Quando se avalia o acúmulo de P nas plantas, os teores de MOS e P na profundidade A do solo em que foram cultivadas não influenciaram o maior ou menor acúmulo de P em nenhuma das faixas de produtividade avaliadas. Entretanto, os maiores acúmulos de P na parte aérea foram encontrados naqueles solos em que em se tinha um maior teor de K profundidade A para todas as produtividades avaliadas e na profundidade B para produtividades inferiores a 3,67 t/ha de grãos de soja. Além disso, um maior acúmulo de MOS na profundidade B foi encontrado nas populações que apresentaram maior acúmulo de P quando a produtividade foi de 3,21-3,67 t/ha. Para produtividades inferiores a 3,67 t/ha, na profundidade B do solo, um maior acúmulo de P foi encontrado nas populações cultivadas em solos com maiores teores de P, Ca e Mg (Tabela 44).

Tabela 44. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de P na parte aérea

	P								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	24,610	30,000	0,240	29,072	31,301	0,088	28,691	31,073	0,494
P_A	11,659	31,366	0,290	13,398	22,518	0,087	<b>17,945</b>	31,164	0,302
K_A	1,044	1,459	0,000	0,880	1,313	0,000	1,129	1,291	0,000
Ca_A	16,073	25,756	0,111	17,880	25,205	0,052	21,455	27,036	0,269
Mg_A	11,146	10,976	0,938	9,771	12,024	0,077	10,964	12,164	0,575
MOS_B	18,098	21,610	0,174	19,072	21,735	0,003	19,945	21,400	0,518
P_B	2,902	7,317	0,004	3,2180	6,627	0,000	<b>6,327</b>	7,855	0,475
K_B	0,4512	0,7439	0,000	0,3831	0,6759	0,000	0,6564	0,6418	0,099
Ca_B	5,927	11,341	0,001	4,952	10,747	0,000	8,655	11,182	0,170
Mg_B	3,415	4,951	0,000	3,120	4,831	0,000	4,964	5,000	0,964

Matéria orgânica (MOS), em  $\text{g dm}^{-3}$ ; Fósforo (P), pelo método da resina, em  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de P.

Ao se avaliar as condições encontradas no solo das populações com maior e menor acúmulo de K na parte aérea, foi possível notar que, em todas as faixas de produtividade avaliadas, foi necessário um maior teor de K nas duas profundidades do solo para que se propiciasse um maior acúmulo de K na parte aérea. Além disso, nos valores de produtividade superiores a 3,67 t/ha, as populações com maior acúmulo de K, foram encontrados também maiores valores de MOS em ambas as profundidades do solo. O maior ou menor acúmulo de K na parte aérea não foi influenciado pelos teores de P em ambas as profundidades do solo (Tabela 45).

Tabela 45. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de K na parte aérea

	K								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< <b>30 %</b>	> 70 %	p-valor
MOS_A	27,415	28,878	0,655	28,325	31,446	0,683	25,870	33,509	0,010
P_A	15,634	26,317	0,534	21,325	20,398	0,646	21,426	27,345	0,678
K_A	1,066	1,461	0,000	0,965	1,369	0,000	<b>1,031</b>	1,387	0,000
Ca_A	19,610	26,098	0,351	21,807	23,530	0,666	23,870	27,782	0,915
Mg_A	11,707	10,317	0,529	10,084	10,627	0,572	12,019	11,709	0,002
MOS_B	19,780	21,122	0,497	19,301	21,843	0,062	17,056	23,055	0,002
P_B	3,683	6,878	0,057	5,843	5,940	0,455	7,130	6,073	0,546
K_B	0,5073	0,7537	0,000	0,4663	0,7325	0,000	<b>0,5333</b>	0,7455	0,000
Ca_B	7,341	11,732	0,058	8,241	9,940	0,321	10,204	11,491	0,918
Mg_B	3,634	4,390	0,066	3,771	4,145	0,278	5,389	5,291	0,970

Matéria orgânica (MOS), em g dm<sup>-3</sup>; Fósforo (P), pelo método da resina, em mg dm<sup>-3</sup>; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de K.

Quando se avaliam as condições de solo sob as populações que apresentaram menor acúmulo de Ca, é possível notar que independente da produtividade, os teores de K nos profundidades A e B e os teores de P na profundidades B do solo foram menores quando comparado com as populações com maior acúmulo de Ca. Além disso, os teores de P na profundidade A e de MOS no profundidade B, na produtividade intermediária, foram maiores nos solos das populações que apresentaram maior acúmulo de Ca. Em produtividades inferiores a 3,76 t/ha, os teores de Ca e Mg foram superiores nas populações com maior acúmulo de Ca (Tabela 46)

Tabela 46. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Ca na parte aérea

	Ca								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	27,439	27,293	0,974	29,205	30,289	0,436	29,655	28,182	0,696
P_A	13,073	30,707	0,375	12,554	28,229	0,002	19,036	29,655	0,380
K_A	1,244	1,454	0,000	1,043	1,230	0,000	1,125	1,273	0,000
Ca_A	17,780	25,463	0,189	18,265	27,470	0,052	<b>26,236</b>	26,255	1,000
Mg_A	11,902	9,561	0,176	9,434	12,157	0,070	13,200	11,345	0,648
MOS_B	19,390	19,829	0,860	19,542	21,482	0,039	20,145	19,200	0,699
P_B	2,951	6,780	0,005	3,446	8,349	0,000	5,182	8,400	0,027
K_B	0,524	0,698	0,000	0,477	0,670	0,000	0,580	0,611	0,001
Ca_B	5,659	10,805	0,000	5,855	12,578	0,000	<b>10,909</b>	10,927	0,999
Mg_B	3,488	4,171	0,015	3,060	5,120	0,000	6,091	4,564	0,540

Matéria orgânica (MOS), em g dm<sup>-3</sup>; Fósforo (P), pelo método da resina, em mg dm<sup>-3</sup>; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Ca.

Quanto às populações com maior ou menor acúmulo de Mg, as condições do solo variaram somente para K em ambas as profundidades do solo e para P na profundidade B. Em produtividade entre 3,21-3,67 t/ha, em ambas as profundidades dos solos, as populações com menor acúmulo de Mg, apresentaram os menores teores de K no solo. Para as outras faixas de produtividade, o comportamento foi o contrário, em ambas as profundidades do solo, as populações que apresentaram menor acúmulo de Mg foram cultivadas em solos com maior teor de K. No caso do P, somente em produtividade inferior a 3,21 t/ha, foi possível notar um maior teor desse nutriente no solo das populações que acumularam menos Mg (Tabela 47).

Tabela 47. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Mg na parte aérea

	Mg								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	27,854	26,341	0,762	29,530	31,451	0,149	29,714	30,873	0,751
P_A	22,902	14,073	0,658	20,325	16,854	0,553	23,054	23,891	0,943
K_A	1,305	1,171	0,002	1,072	1,220	0,000	1,246	1,158	0,000
Ca_A	23,732	19,732	0,651	23,795	21,195	0,548	24,625	27,527	0,934
Mg_A	10,122	13,902	0,277	10,000	10,902	0,497	<b>10,982</b>	13,709	0,501
MOS_B	19,927	18,512	0,619	20,084	21,390	0,159	20,750	21,218	0,839
P_B	5,463	3,122	0,008	5,506	5,061	0,640	6,143	6,345	0,891
K_B	0,598	0,510	0,000	0,540	0,630	0,000	0,680	0,655	0,002
Ca_B	8,951	6,439	0,195	8,783	8,463	0,868	9,375	12,182	0,807
Mg_B	3,683	3,805	0,680	3,518	4,110	0,088	<b>4,607</b>	6,564	0,412

Matéria orgânica (MOS), em g dm<sup>-3</sup>; Fósforo (P), pelo método da resina, em mg dm<sup>-3</sup>; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Mg.

## 4.2.2. Cultivares mais frequentes

### 4.2.2.1. Uirapuru

Ao avaliar as condições dos solos em que foram cultivados a cultivar Uirapuru, foi possível notar que na profundidade A, as populações com menor acúmulo de N, apresentavam maiores teores de K no solo quando se avaliou a produtividade de 3,21 t/ha. Entretanto quando se avaliaram produtividades superiores a 3,21 t/ha, as populações com menor acúmulo de N apresentavam no solo uma menor quantidade K na profundidade A do solo. Quando se avalia o perfil B do solo foi possível notar que as populações com menor acúmulo de N na parte aérea apresentavam menores teores de P, em produtividades inferiores a 3,21 t/ha, e menores teores de K e Ca em produtividades inferiores a 3,67 t/ha. Na produtividade intermediária, 3,21-3,67 t/ha, o teor de Ca e Mg no solo foram inferiores nas populações que menos acumularam N. Quando a produtividade foi superior a 3,67 t/ha, os teores de K no solo foram superiores nas populações nas populações que apresentaram maior acúmulo de N (Tabela 48).

Tabela 48. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Uirapuru, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de N na parte aérea

	N								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	25,750	23,167	0,837	27,619	29,524	0,669	<b>27,688</b>	32,625	0,728
P_A	12,750	17,833	0,746	12,571	23,429	0,515	19,938	27,000	0,878
K_A	1,242	0,958	0,000	1,019	1,233	0,000	1,119	1,281	0,000
Ca_A	14,750	16,333	0,900	15,524	24,190	0,103	23,2175	29,188	0,506
Mg_A	10,333	8,417	0,803	8,714	10,810	0,411	12,250	13,250	0,820
MOS_B	18,333	16,917	0,779	18,381	20,905	0,592	<b>18,750</b>	21,563	0,651
P_B	2,333	3,833	0,020	2,429	8,476	0,097	4,313	6,188	0,422
K_B	0,417	0,467	0,000	0,414	0,714	0,000	0,656	0,606	0,009
Ca_B	4,250	8,250	0,029	4,000	10,190	0,000	7,438	10,688	0,306
Mg_B	3,000	3,167	0,811	2,714	4,667	0,001	4,313	5,250	0,365

Matéria orgânica (MOS), em  $\text{g dm}^{-3}$ ; Fósforo (P), pelo método da resina, em  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em  $\text{mmolc dm}^{-3}$ ; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de N.

Quando se avalia os solos em que foram cultivadas as populações com maiores acúmulos de P, em produtividades superiores a 3,21 t/ha, foram encontrados os maiores teores de K na profundidade A do solo. Na profundidade B do solo, foram encontradas em produtividades inferiores 3,67 t/ha os maiores teores no solo de K, Ca e Mg nas populações que mais acumularam P na parte aérea (Tabela 49).

Tabela 49. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Uirapuru, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de P na parte aérea

	P								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	24,917	29,833	0,653	27,476	28,429	0,847	29,063	31,313	0,849
P_A	14,333	34,583	0,709	12,143	23,095	0,427	<b>18,813</b>	22,938	0,817
K_A	1,250	1,333	0,237	1,010	1,262	0,000	1,063	1,169	0,017
Ca_A	16,333	22,083	0,689	15,619	24,619	0,124	21,000	29,688	0,378
Mg_A	11,250	9,500	0,812	8,429	11,238	0,237	10,875	14,438	0,378
MOS_B	18,083	20,917	0,554	18,238	19,905	0,733	19,125	20,438	0,835
P_B	3,2133	7,583	0,631	2,429	8,476	0,092	<b>3,625</b>	5,625	0,076
K_B	0,442	0,642	0,000	0,419	0,752	0,000	0,556	0,588	0,151
Ca_B	5,667	10,917	0,047	4,524	10,762	0,007	6,188	11,000	0,072
Mg_B	3,167	4,583	0,047	3,2157	4,905	0,002	3,750	5,500	0,134

Matéria orgânica (MOS), em  $\text{g dm}^{-3}$ ; Fósforo (P), pelo método da resina, em  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em  $\text{mmolc dm}^{-3}$ ; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de P.

Ao avaliar as condições do solo, foi possível notar que os maiores teores de K no solo foram encontradas, nas profundidades A e B, associadas as populações que mais acumularam esse nutriente em produtividades superiores a 3,21 t/ha. Para produtividades inferiores a 3,21 t/ha, foi encontrada diferenças somente na profundidade A do solo, em que as populações com menor acúmulo de K, apresentaram maiores teores desse nutriente no solo (Tabela 50).

Tabela 50. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Uirapuru, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de K na parte aérea

	K								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	28,583	24,750	0,763	26,619	29,476	0,558	27,313	31,313	0,758
P_A	20,333	27,500	0,933	22,333	17,857	0,817	22,250	24,813	0,947
K_A	1,350	1,192	0,043	0,881	1,386	0,000	<b>0,994</b>	1,213	0,000
Ca_A	18,750	20,000	0,937	20,095	20,952	0,937	23,875	25,563	0,874
Mg_A	12,083	8,833	0,634	10,000	9,048	0,832	10,625	12,313	0,706
MOS_B	20,250	18,167	0,694	17,857	19,810	0,701	16,875	20,188	0,654
P_B	3,833	6,750	0,788	6,714	5,238	0,799	5,375	5,813	0,826
K_B	0,558	0,550	0,492	0,438	0,729	0,000	<b>0,488</b>	0,619	0,000
Ca_B	7,500	9,500	0,631	8,000	7,905	0,981	8,938	8,438	0,848
Mg_B	4,000	3,583	0,616	4,048	3,429	0,535	4,125	4,563	0,674

Matéria orgânica (MOS), em g dm<sup>-3</sup>; Fósforo (P), pelo método da resina, em mg dm<sup>-3</sup>; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de K.

O perfil A dos solos das populações com acúmulo diferencial de Ca, apresentaram diferenças somente quanto ao teor de K na produtividade de 3,21-3,67 t/ha, sendo maior nos solos das populações com maior acúmulo de Ca. Na profundidade B, os teores de K no solo variou em todas as produtividades avaliadas. Em produtividades inferiores a 3,67 t/ha, os maiores teores de K no solo foram aquelas sob as populações com maior acúmulo de K. Para produtividades superiores a 3,67 t/ha, as populações com menor acúmulo de Ca foram as que apresentaram os maiores teores de K no solo. Além disso, na produtividade intermediária, o maior acúmulo de Ca nas plantas foi encontrado nas lavouras que apresentaram os maiores teor de Ca e Mg no solo (Tabela 51).



Tabela 51. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Uirapuru, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Ca na parte aérea

	Ca								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	27,250	23,083	0,728	27,381	28,591	0,797	28,875	25,188	0,727
P_A	13,583	24,750	0,874	12,238	28,500	0,283	18,063	22,313	0,846
K_A	1,367	1,250	0,143	1,029	1,159	0,003	1,013	0,994	0,657
Ca_A	18,250	18,167	0,995	15,381	23,955	0,269	<b>22,188</b>	26,125	0,741
Mg_A	13,417	8,000	0,324	8,905	11,045	0,575	12,125	11,250	0,863
MOS_B	18,750	16,667	0,750	18,333	19,773	0,735	18,250	15,313	0,572
P_B	2,583	6,583	0,710	3,2110	9,227	0,229	4,000	5,875	0,182
K_B	0,467	0,525	0,000	0,419	0,623	0,000	0,488	0,400	0,000
Ca_B	5,333	8,833	0,199	4,714	10,182	0,014	<b>7,063</b>	9,563	0,347
Mg_B	3,333	3,500	0,818	2,952	4,773	0,028	4,500	4,125	0,730

Matéria orgânica (MOS), em g dm<sup>-3</sup>; Fósforo (P), pelo método da resina, em mg dm<sup>-3</sup>; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Ca.

As características do solo sob as populações com acúmulo diferencial de Mg apresentaram diferenças apenas para os teores de K em ambos os perfis do solo. Na profundidade A, os maiores teores de K no solo foram encontrados nas populações que mais acumularam Mg para produtividades inferiores a 3,67 t/ha. Em produtividades superiores a 3,67 t/ha, o maior teor de K nos solos foi encontrado sob as lavouras com menor acúmulo de Mg. Na profundidade B do solo, os maiores teores de K foram encontrados nas populações com menor acúmulo de Mg para as produtividades inferiores a 3,21 t/ha e superiores a 3,67 t/ha. O teor de K no solo foi superior sob as populações com maior acúmulo de Mg para a produtividade intermediária (Tabela 52).

Tabela 52. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Uirapuru, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Mg na parte aérea

	Mg								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	28,167	22,500	0,621	28,000	29,857	0,664	30,688	27,750	0,831
P_A	23,500	16,250	0,930	19,048	15,952	0,852	26,188	21,688	0,923
K_A	1,192	1,400	0,003	0,971	1,348	0,000	1,300	0,950	0,000
Ca_A	18,000	16,167	0,912	19,000	20,333	0,898	28,125	24,750	0,797
Mg_A	10,583	8,833	0,839	9,143	9,571	0,902	<b>10,625</b>	13,813	0,499
MOS_B	20,167	16,000	0,531	18,333	20,619	0,592	20,875	18,000	0,718
P_B	6,083	3,417	0,818	3,667	5,619	0,488	5,750	5,125	0,765
K_B	0,517	0,475	0,011	0,414	0,729	0,000	0,675	0,494	0,000
Ca_B	6,667	7,250	0,888	6,381	8,238	0,671	10,250	8,750	0,648
Mg_B	3,333	3,000	0,640	3,619	3,905	0,771	<b>4,375</b>	5,250	0,345

Matéria orgânica (MOS), em  $\text{g dm}^{-3}$ ; Fósforo (P), pelo método da resina, em  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em  $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Mg.

#### 4.2.2.2. Tucano

Quando se avalia as condições dos solos em que foram cultivados a cultivar Tucano, nota-se que as plantas que apresentaram os menores acúmulos de N, em produtividades inferiores a 3,21 t/ha, apresentavam maiores teores de K em ambos os perfis do solo. Já em produtividades de 3,21-3,67 t/ha, encontrou-se o contrário, as populações com maior acúmulo de N foram as aquelas cultivadas em solos com maiores teores de K, tanto na profundidade A quanto na profundidade B (Tabela 53).

Tabela 53. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Tucano, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de N na parte aérea

	N								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	28,000	28,400	0,993	29,611	27,500	0,556	<b>32,000</b>	27,600	0,891
P_A	10,400	13,000	0,852	13,889	23,944	0,694	16,600	24,200	0,908
K_A	1,180	0,960	0,013	0,722	1,344	0,000	1,080	1,300	0,286
Ca_A	13,200	14,800	0,818	21,556	26,000	0,883	22,000	23,800	0,957
Mg_A	9,000	7,000	0,752	11,333	12,167	0,939	11,400	11,600	0,985
MOS_B	21,200	19,000	0,932	19,611	19,278	0,934	<b>20,400</b>	20,200	0,994
P_B	2,400	2,600	0,586	2,444	7,833	0,092	3,2100	6,400	0,312
K_B	0,560	0,440	0,000	0,294	0,711	0,000	0,640	0,580	0,466
Ca_B	4,000	5,000	0,549	5,222	11,722	0,323	5,000	10,000	0,435
Mg_B	3,000	2,600	0,364	3,500	4,889	0,336	4,400	4,800	0,893

Matéria orgânica (MOS), em  $\text{g dm}^{-3}$ ; Fósforo (P), pelo método da resina, em  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de N.

Quando se avalia os solos sob as populações em que foram cultivadas as plantas com maior ou menor acúmulo de P, foram encontradas diferenças para K nas profundidades A e B e para P na profundidade B. As populações que mais acumularam P, com produtividade superior a 3,21 t/ha, foram as cultivadas em solos com maiores teores de K, na profundidade A e B. Em contrapartida, em produtividades inferiores a 3,21 t/ha, as populações com maior acúmulo de P, foram as que apresentaram maior teor de K nas profundidades A e B do solo. Quanto aos teores de P no solo, foram encontrados os maiores teores na profundidade B das populações com maior acúmulo desse nutriente na produtividade 3,21-3,67 t/ha (Tabela 54).

Tabela 54. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Tucano, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de P na parte aérea

	P								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	29,600	29,600	1,000	30,278	27,444	0,528	28,000	28,200	0,996
P_A	10,200	13,400	0,809	13,667	22,056	0,505	<b>10,200</b>	23,2100	0,783
K_A	1,300	0,840	0,000	0,761	1,322	0,000	0,800	1,320	0,035
Ca_A	15,000	16,000	0,809	21,667	25,444	0,889	17,600	23,400	0,719
Mg_A	10,000	7,000	0,439	11,778	11,611	0,987	10,200	11,400	0,826
MOS_B	22,000	20,000	0,926	20,667	18,889	0,679	17,000	19,200	0,931
P_B	2,400	3,000	0,187	2,444	6,833	0,008	<b>3,000</b>	4,800	0,629
K_B	0,580	0,420	0,000	0,311	0,600	0,000	0,540	0,600	0,553
Ca_B	4,600	5,200	0,821	5,333	10,167	0,271	4,400	8,600	0,500
Mg_B	3,200	2,600	0,098	3,611	4,167	0,596	4,200	4,400	0,946

Matéria orgânica (MOS), em g dm<sup>-3</sup>; Fósforo (P), pelo método da resina, em mg dm<sup>-3</sup>; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de P.

Ao avaliar as condições do solo sob as populações com menor e maior acúmulo de K na parte aérea foi possível notar diferenças somente quanto ao teor de K no solo. Em produtividades inferiores a 3,21 t/ha, em ambos os perfis do solo, as populações que menos acumularam K foram as cultivadas em solos com maiores teores de K. Já em produtividades superiores a 3,21 t/ha, na profundidade B do solo, as plantas com maior acúmulo de K foram as cultivadas em solos com maiores teores de K. Na profundidade A do solo, na produtividade de 3,21-3,67 t/ha, o maior acúmulo de K foi encontrado nas plantas cultivadas em solos com maior teor de K (Tabela 55).

Tabela 55. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Tucano, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de K na parte aérea

	K								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	33,500	24,000	0,493	28,222	29,278	0,846	29,000	32,200	0,938
P_A	11,333	19,000	0,900	16,778	23,389	0,782	19,400	16,600	0,970
K_A	1,133	0,880	0,011	0,983	1,217	0,000	<b>1,040</b>	1,340	0,170
Ca_A	16,167	16,200	0,995	19,500	28,778	0,805	22,200	21,400	0,982
Mg_A	9,333	7,400	0,654	10,278	11,833	0,890	11,000	9,600	0,913
MOS_B	24,833	16,000	0,119	18,778	20,944	0,639	19,400	19,600	0,993
P_B	3,167	2,000	0,049	4,444	7,278	0,509	4,200	3,000	0,694
K_B	0,567	0,360	0,000	0,378	0,606	0,000	<b>0,520</b>	0,760	0,020
Ca_B	5,000	4,600	0,861	6,500	13,056	0,693	7,000	6,000	0,917
Mg_B	3,000	2,600	0,278	3,556	5,167	0,693	4,000	3,800	0,933

Matéria orgânica (MOS), em g dm<sup>-3</sup>; Fósforo (P), pelo método da resina, em mg dm<sup>-3</sup>; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de K.

Os teores de K variaram em todas as faixas de produtividade avaliadas, em ambos perfis do solo, sendo que para produtividades inferiores a 3,21 t/ha, os maiores teores foram encontrados nas populações que apresentaram menor acúmulo de Ca e em produtividades superiores a 3,67 t/ha, os maiores teores de K foram encontrados sob as populações com maior acúmulo de Ca. Além disso, houve variação também para os teores de P na profundidade B do solo, onde as lavouras com menor acúmulo de Ca apresentaram o maior teor de P, em produtividades inferiores a 3,21 t/ha e maior teor de P para a produtividade intermediária (Tabela 56).

Tabela 56. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Tucano, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Ca na parte aérea

	Ca								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	34,200	24,400	0,432	28,611	29,944	0,813	29,000	30,800	0,961
P_A	11,200	19,600	0,902	14,000	32,611	0,334	15,200	25,600	0,878
K_A	1,180	0,860	0,007	0,972	1,322	0,000	1,020	1,620	0,001
Ca_A	16,400	14,600	0,898	19,889	35,611	0,710	<b>20,000</b>	25,200	0,830
Mg_A	9,800	6,400	0,499	10,389	16,222	0,712	11,000	10,200	0,897
MOS_B	25,000	16,400	0,107	18,833	22,278	0,444	19,400	20,400	0,968
P_B	3,000	2,000	0,049	2,611	10,444	0,035	4,600	4,800	0,978
K_B	0,560	0,380	0,000	0,339	0,772	0,000	0,440	0,900	0,000
Ca_B	4,600	4,400	0,932	4,833	17,500	0,314	<b>7,600</b>	8,400	0,958
Mg_B	3,000	2,400	0,187	3,2189	7,444	0,211	4,000	4,600	0,837

Matéria orgânica (MOS), em  $\text{g dm}^{-3}$ ; Fósforo (P), pelo método da resina, em  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Ca.

As populações que menos acumularam Mg apresentaram os maiores teores de K no solo em ambos os perfis para produtividades inferiores a 3,21 t/ha. Em produtividades intermediárias, 3,21-3,67 t/ha, os maiores teores de K foram encontrados nos solos das populações que acumularam mais Mg (Tabela 57).

Tabela 57. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Tucano, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Mg na parte aérea

	Mg								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	25,667	28,600	0,948	30,278	29,333	0,818	32,000	31,800	0,996
P_A	10,000	18,000	0,901	16,222	22,278	0,757	22,600	19,200	0,981
K_A	1,133	0,900	0,014	0,939	1,361	0,000	1,060	1,160	0,623
Ca_A	13,333	15,800	0,786	23,167	26,500	0,912	23,000	21,600	0,970
Mg_A	9,000	7,200	0,720	11,778	12,056	0,979	<b>8,800</b>	12,000	0,732
MOS_B	19,500	19,600	0,997	20,556	20,889	0,922	20,600	19,000	0,925
P_B	2,333	2,400	0,830	3,833	6,778	0,393	4,600	3,400	0,804
K_B	0,517	0,420	0,000	0,406	0,678	0,000	0,560	0,580	0,848
Ca_B	4,167	4,800	0,697	6,556	10,611	0,565	7,400	4,600	0,651
Mg_B	3,000	2,600	0,278	3,500	4,389	0,436	<b>3,000</b>	4,000	0,460

Matéria orgânica (MOS), em  $\text{g dm}^{-3}$ ; Fósforo (P), pelo método da resina, em  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em  $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Mg.

#### 4.2.2.3. Pintado

Ao avaliar as condições presentes nos solos em que a cultivar Pintado foi cultivada, nota-se que na profundidade A, as populações com menor acúmulo de N, apresentavam os menores teores de K no solo quando se avalia as produtividades inferiores a 3,21 t/ha e superiores a 3,67 t/ha. Além disso, a mesma tendência é vista na profundidade B do solo em produtividades superiores a 3,67 t/ha, as populações com menor acúmulo de N foram as cultivadas em solos com menores teores de K (Tabela 58).

Tabela 58. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Pintado, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de N na parte aérea

	N								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	27,143	29,429	0,835	30,696	34,043	0,332	<b>31,333</b>	30,222	0,894
P_A	24,000	19,429	0,940	30,522	17,174	0,591	19,556	32,667	0,907
K_A	1,386	2,229	0,040	1,365	1,470	0,052	1,111	1,500	0,000
Ca_A	27,571	27,000	0,993	29,087	23,652	0,615	19,667	51,222	0,976
Mg_A	12,143	11,857	0,985	10,783	11,522	0,778	11,556	17,111	0,943
MOS_B	19,286	20,000	0,946	22,217	24,217	0,336	<b>21,556</b>	21,778	0,967
P_B	5,571	5,571	1,000	8,826	5,652	0,313	7,111	7,333	0,988
K_B	0,729	0,814	0,188	0,748	0,748	1,000	0,611	0,744	0,000
Ca_B	9,714	9,429	0,990	13,609	11,130	0,784	8,556	25,667	0,962
Mg_B	4,429	3,2157	0,148	4,435	4,565	0,894	4,778	10,667	0,925

Matéria orgânica (MOS), em g dm<sup>-3</sup>; Fósforo (P), pelo método da resina, em mg dm<sup>-3</sup>; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de N.

Quando se avalia os solos sob as populações que menos acumularam P, em produtividades superiores a 3,21 t/ha, encontra-se os menores teores de K na profundidade A do solo quando comparado com as populações que mais acumularam P. Ainda, é possível notar que os solos do perfil B com os menores teores de K, foram nos quais as plantas com produtividade superior a 3,2 t/ha apresentaram o menor acúmulo de P (Tabela 59).



Tabela 59. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Pintado, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de P na parte aérea

	P								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	26,286	25,429	0,967	31,217	35,087	0,126	27,222	33,333	0,617
P_A	17,143	28,000	0,623	27,087	21,000	0,838	<b>22,111</b>	32,111	0,899
K_A	1,200	1,471	0,440	1,313	1,513	0,000	0,889	1,533	0,000
Ca_A	22,143	32,000	0,850	30,826	24,261	0,567	20,111	25,111	0,874
Mg_A	12,714	9,714	0,704	11,000	11,913	0,720	9,111	11,000	0,820
MOS_B	18,429	19,143	0,957	22,435	24,304	0,228	18,889	24,222	0,537
P_B	4,143	7,143	0,429	8,348	5,870	0,445	<b>8,889</b>	6,778	0,873
K_B	0,729	0,729	1,000	0,809	0,770	0,122	0,511	0,833	0,000
Ca_B	6,714	13,2157	0,593	14,870	10,870	0,634	9,444	10,778	0,910
Mg_B	3,571	5,000	0,495	4,739	4,783	0,963	3,778	5,000	0,499

Matéria orgânica (MOS), em g dm<sup>-3</sup>; Fósforo (P), pelo método da resina, em mg dm<sup>-3</sup>; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de P.

Quando se avalia o solo, nas populações com maior ou menor acúmulo de K, encontram-se diferenças somente quanto ao teor de K. Na profundidade A do solo, em produtividades superiores a 3,67 t/ha, nota-se que os menores teores de K no solo, estão sob as plantas com menor acúmulo desse nutriente. Semelhante ao visto na profundidade A do solo, na profundidade B e em todas as faixas de produtividades avaliadas, as plantas com menor acúmulo de K foram as cultivadas em solos com menor teor de K no solo (Tabela 60).

Tabela 60. Teores no solo de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Pintado, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de K na parte aérea

	K								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	25,429	27,857	0,873	30,043	33,913	0,233	26,778	37,000	0,103
P_A	17,571	22,143	0,915	30,478	16,957	0,683	22,000	19,333	0,873
K_A	1,186	1,771	0,068	1,243	1,326	0,088	<b>0,900</b>	1,156	0,000
Ca_A	25,429	27,143	0,982	26,783	22,652	0,625	21,444	15,667	0,377
Mg_A	13,571	9,429	0,643	9,913	12,000	0,356	9,889	8,000	0,731
MOS_B	18,143	21,429	0,726	21,348	23,261	0,321	18,000	26,556	0,075
P_B	3,714	6,143	0,618	7,652	5,043	0,286	8,889	3,889	0,429
K_B	0,557	0,771	0,006	0,665	0,722	0,006	<b>0,511</b>	0,633	0,000
Ca_B	7,857	11,714	0,783	11,348	10,261	0,862	9,889	6,556	0,115
Mg_B	4,143	4,429	0,888	3,565	4,609	0,110	4,111	3,667	0,680

Matéria orgânica (MOS), em  $\text{g dm}^{-3}$ ; Fósforo (P), pelo método da resina, em  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em  $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de K.

O acúmulo diferencial de Ca apresentou diferença somente quanto ao teor de K no solo. Na profundidade A, em produtividades superiores a 3,67 t/ha, as populações com menor acúmulo de Ca apresentaram os maiores teores de K no solo. Para o perfil B, as populações com menor acúmulo de Ca, apresentaram os maiores teores de K nas produtividades inferiores a 3,21 t/ha ou superiores a 3,67 t/ha (Tabela 61).

Tabela 61. Teores nos solos de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Pintado, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Ca na parte aérea

	Ca								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	27,429	24,857	0,895	32,739	30,565	0,359	33,222	30,889	0,843
P_A	21,143	28,429	0,875	13,522	31,739	0,551	22,444	22,333	0,999
K_A	1,271	1,286	0,964	1,239	1,313	0,087	1,378	0,944	0,000
Ca_A	22,429	28,571	0,912	21,130	28,391	0,472	<b>47,778</b>	20,000	0,979
Mg_A	12,429	9,429	0,732	10,609	12,478	0,344	17,667	8,111	0,902
MOS_B	19,429	18,714	0,955	22,261	21,609	0,731	23,222	21,667	0,870
P_B	4,571	7,000	0,510	4,087	8,565	0,110	4,333	6,444	0,556
K_B	0,771	0,614	0,015	0,657	0,683	0,148	0,678	0,544	0,000
Ca_B	7,143	11,714	0,675	8,043	13,043	0,440	<b>22,000</b>	9,222	0,973
Mg_B	4,000	5,286	0,482	4,043	4,870	0,320	9,889	3,889	0,925

Matéria orgânica (MOS), em  $\text{g dm}^{-3}$ ; Fósforo (P), pelo método da resina, em  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em  $\text{mmolc dm}^{-3}$ ; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Ca.

Somente o teor de K na profundidade B do solo apresentou diferenças entre as populações de maior e menor acúmulo de Mg. Em produtividades inferiores a 3,67 t/ha, as populações com menor acúmulo de Mg apresentaram os maiores teores de K no solo, enquanto para produtividades superiores a 3,67 t/ha, o maior teor de K no solo foi encontrado sob as populações com maior acúmulo de Mg (Tabela 62).

Tabela 62. Teores nos solos de matéria orgânica (MOS), P, K, Ca e Mg sob lavouras de soja, cultivar Pintado, com diferentes produtividades e com baixo (<30 %) ou alto (>70 %) acúmulo de Mg na parte aérea

	Mg								
	<3,21 t/ha			3,21-3,67 t/ha			>3,67 t/ha		
	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor	< 30 %	> 70 %	p-valor
MOS_A	26,167	26,714	0,967	30,435	34,739	0,128	27,750	37,000	0,103
P_A	24,667	14,286	0,789	30,043	14,261	0,379	17,375	19,750	0,918
K_A	1,667	1,300	0,159	1,335	1,252	0,062	1,088	1,138	0,348
Ca_A	33,167	16,286	0,522	29,652	20,522	0,201	21,250	15,500	0,464
Mg_A	11,167	13,000	0,907	9,478	12,217	0,214	<b>9,500</b>	7,500	0,664
MOS_B	19,167	18,571	0,948	22,304	23,174	0,992	3,901	2,790	0,797
P_B	7,167	3,143	0,377	8,652	3,957	0,469	4,313	2,567	0,846
K_B	0,767	0,486	0,000	0,783	0,626	0,009	0,337	0,367	0,028
Ca_B	13,2133	5,000	0,422	14,261	7,696	0,555	7,521	4,039	0,206
Mg_B	4,667	3,429	0,575	3,957	4,217	0,912	<b>2,637</b>	1,622	0,266

Matéria orgânica (MOS), em g dm<sup>-3</sup>; Fósforo (P), pelo método da resina, em mg dm<sup>-3</sup>; Potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m. Valor em negrito representa o valor crítico que associa produtividade superior a 3,67 t/ha com baixo acúmulo de Mg.

### 4.3. Normas nutricionais específicas

#### 4.3.1. Índices Balanceados de Kenworthy (IBK)

Na Tabela 63 são apresentados os teores e os desvios padrão dos nutrientes para uso como norma nutricional pelo método IBK e os conteúdos e desvios padrão dos nutrientes para uso como norma nutricional pelo método IBKCont. Ambos os conjuntos de normas foram obtidos utilizando as populações de alta produtividade (acima de 3,67 t/ha), considerando o menor acúmulo (30% inferior) de N, P, K, Ca e Mg de forma isolada para a avaliação do estado nutricional de lavouras de soja, de forma quantitativa, quanto ao balanço de nutrientes.

Tabela 63. Médias e desvios padrão dos teores de nutrientes da população de referência para o método dos Índices Balanceados de Kenworthy (IBK) e para o método IBK com uso de conteúdo foliar (IBKCont), com produtividade superior a 3,67 t/ha de grãos associado ao acúmulo 30 % inferior (1º, 2º e 3º percentis) de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea

Nutriente	Teor foliar		Conteúdo foliar			
	IBK*	DP	IBKCont*	DP		
N	g kg <sup>-1</sup>	48,3922	6,7646	g	122,7124	28,6283
P	g kg <sup>-1</sup>	2,7875	0,5097	g	7,0772	1,9122
K	g kg <sup>-1</sup>	15,7147	3,9208	g	39,3259	9,6276
Ca	g kg <sup>-1</sup>	8,6542	2,3879	g	22,2058	9,0411
Mg	g kg <sup>-1</sup>	3,3933	0,7036	g	8,5960	2,4474
S	g kg <sup>-1</sup>	2,4445	0,5928	g	6,1998	1,91306
Cu	mg kg <sup>-1</sup>	10,4327	4,0952	mg	26,4479	11,2059
Fe	mg kg <sup>-1</sup>	109,5382	65,2726	mg	279,9477	181,0069
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	51,2800	14,1573	mg	130,5374	47,5494
Mn	mg kg <sup>-1</sup>	54,9382	25,2972	mg	140,8960	74,6896
B	mg kg <sup>-1</sup>	39,9636	9,4111	mg	101,0067	28,1898

Desvio padrão (DP); \* número de observações=55.

#### 4.3.2. Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)

Na Tabela 64 são apresentadas as normas nutricionais específicas para uso da avaliação nutricional pelo método DRIS. Foram utilizadas as populações com produtividade superior a 3,67 t/ha e acúmulo 30 % inferior de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea, individualmente. Os valores apresentados podem ser utilizados para a avaliação nutricional de lavouras de soja, de forma qualitativa, quanto ao equilíbrio entre os nutrientes pelo método DRIS, por meio do cálculo do índice de equilíbrio nutricional.

Tabela 64. Médias e desvios padrão das relações duais entre os nutrientes da população de referência para o método do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) com produtividade superior a 3,67 t/ha de grãos associado ao acúmulo 30 % inferior (1°, 2° e 3° percentis) de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea

	Normas nutricionais							
	RD	DP	RD	DP	RD	DP		
N/P	17,6159	1,9957	Ca/Zn	0,1813	0,0685	Fe/Mg	33,5119	18,8361
N/K	3,2858	0,9653	Ca/Mn	0,1857	0,0835	Fe/S	45,9032	22,5527
N/Ca	5,9331	1,5559	Ca/B	0,2343	0,1014	Fe/Cu	11,8114	7,3051
N/Mg	14,8628	3,7701	Mg/N	0,0714	0,0172	Fe/Zn	2,2827	1,4549
N/S	20,4208	3,3342	Mg/P	1,2532	0,3204	Fe/Mn	2,3593	1,6593
N/Cu	5,1897	1,6596	Mg/K	0,2294	0,0786	Fe/B	2,8265	1,5205
N/Fe	0,4942	0,1297	Mg/Ca	0,4215	0,1407	Zn/N	1,0634	0,2842
N/Zn	1,0035	0,2585	Mg/S	1,4573	0,4221	Zn/P	18,6533	5,2508
N/Mn	1,0468	0,4219	Mg/Cu	0,3736	0,1658	Zn/K	3,4957	1,3834
N/B	1,2716	0,3207	Mg/Fe	0,0352	0,0124	Zn/Ca	6,2925	2,3136
P/N	0,0576	0,0071	Mg/Zn	0,0716	0,0266	Zn/Mg	15,6802	5,0773
P/K	0,1894	0,0624	Mg/Mn	0,0734	0,0322	Zn/S	21,7437	7,0578
P/Ca	0,3385	0,0883	Mg/B	0,0886	0,0248	Zn/Cu	5,3929	2,0070
P/Mg	0,8520	0,2259	S/N	0,0503	0,0081	Zn/Fe	0,5241	0,1868
P/S	1,1762	0,2580	S/P	0,8846	0,1662	Zn/Mn	1,0394	0,3215
P/Cu	0,3002	0,1091	S/K	0,1630	0,0482	Zn/B	1,3272	0,4013
P/Fe	0,0284	0,0079	S/Ca	0,3016	0,1038	Mn/N	1,1486	0,5421
P/Zn	0,0574	0,0147	S/Mg	0,7473	0,2305	Mn/P	20,2340	9,9402
P/Mn	0,0601	0,0248	S/Cu	0,2614	0,0938	Mn/K	3,8337	2,3111
P/B	0,0733	0,0206	S/Fe	0,0247	0,0072	Mn/Ca	6,6777	3,3966
K/N	0,3324	0,1036	S/Zn	0,0504	0,0153	Mn/Mg	16,6864	8,0049
K/P	5,8622	1,9698	S/Mn	0,0527	0,0233	Mn/S	23,4766	11,7355
K/Ca	1,9901	0,8526	S/B	0,0632	0,0167	Mn/Cu	5,7988	3,2741
K/Mg	4,7969	1,4271	Cu/N	0,2154	0,0800	Mn/Fe	0,5660	0,3081
K/S	6,6996	2,1069	Cu/P	3,8131	1,5275	Mn/Zn	1,0735	0,3979
K/Cu	1,7272	0,8036	Cu/K	0,7062	0,3270	Mn/B	1,4143	0,6634
K/Fe	0,1622	0,0618	Cu/Ca	1,2862	0,5776	B/N	0,8397	0,2213
K/Zn	0,3336	0,1343	Cu/Mg	3,1978	1,3370	B/P	14,8195	4,4237
K/Mn	0,3517	0,1847	Cu/S	4,4174	1,8475	B/K	2,6235	0,6242
K/B	0,4010	0,0876	Cu/Fe	0,1075	0,0522	B/Ca	5,0524	2,0784
Ca/N	0,1812	0,0511	Cu/Zn	0,2094	0,0709	B/Mg	12,1500	3,3117
Ca/P	3,1584	0,8183	Cu/Mn	0,2161	0,0930	B/S	16,9407	4,4701
Ca/K	0,6072	0,3097	Cu/B	0,2678	0,1003	B/Cu	4,2806	1,6075
Ca/Mg	2,6891	1,0514	Fe/N	2,2592	1,1446	B/Fe	0,4089	0,1392
Ca/S	3,7477	1,3951	Fe/P	39,7218	20,3083	B/Zn	0,8291	0,2760
Ca/Cu	0,9598	0,5114	Fe/K	7,3077	3,9251	B/Mn	0,8525	0,3545
Ca/Fe	0,0883	0,0307	Fe/Ca	13,3904	9,7920			

Relações duais (RD); Normas nutricionais obtida pela média geral das populações constituintes dos subconjuntos de normas; Desvio Padrão (DP); \*número de observações=55.

#### 4.3.3. Diagnose da Composição Nutricional (CND)

Na Tabela 65 são apresentadas as normas nutricionais específicas para uso da avaliação nutricional pelo método CND. Foram utilizadas as populações com produtividade superior a 3,67 t/ha e acúmulo 30 % inferior de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea, individualmente. Os valores apresentados podem ser utilizados para a avaliação nutricional de lavouras de soja, quanto ao equilíbrio, de forma multivariada.

Tabela 65. Médias e desvios padrão das variáveis multinutrientes da população de referência do método da Diagnose da Composição Nutricional (CND) com produtividade superior a 3,67 t/ha de grãos associado ao acúmulo 30 % inferior (1º, 2º e 3º percentis) de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea

	Variáveis multinutrientes	
	M *	DP
G	1,2348	0,1534
N	3,6662	0,1082
P	0,8041	0,1457
K	2,5198	0,2634
Ca	1,9209	0,2666
Mg	0,9975	0,2112
S	0,6626	0,1806
Cu	-4,8352	0,3119
Fe	-2,4927	0,3032
Zn	-3,2129	0,2117
Mn	-3,2001	0,3707
B	-3,4495	0,1942

Média (M); Desvio padrão (DP); Média geométrica da composição nutricional (G); \*número de observações=55.

#### 4.3.4. Teores foliares

Na Tabela 66 são apresentados teores de N, P, K, Ca e Mg necessários para a obtenção de produtividades superiores a 3,67 t/ha associado ao acúmulo 30% inferior (1º, 2º e 3º percentis) de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea. São apresentados, os valores de forma individual

para as cultivares Uirapuru, Tucano e Pintado e também para a população geral. Os valores apresentados podem ser utilizados como guia para posteriores avaliações e recomendações.

Tabela 66. Teores de foliares de N, P, K, Ca e Mg necessários para obtenção de com produtividade superior a 3,67 t/ha de grãos associado ao acúmulo 30 % inferior (1º, 2º e 3º percentis) de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea

	Teores foliares			
	Uirapuru	Tucano	Pintado	População geral
N	43,733	44,558	47,010	44,739
P	2,553	2,385	2,651	2,491
K	13,216	13,920	14,800	12,171
Ca	7,728	6,530	6,594	6,958
Mg	2,966	2,940	3,506	3,2113

#### 4.3.5. Teores no grão

Na Tabela 67 são apresentados os teores de N, P, K, Ca e Mg nos grãos para a obtenção de produtividades superiores a 3,67 t/ha com acúmulo 30 % inferior de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea. São apresentados, os valores de forma individual para as cultivares Uirapuru, Tucano e Pintado e também para a população geral. Os valores apresentados podem ser utilizados como guia para posteriores avaliações e recomendações.

Tabela 67. Teores de N, P, K, Ca e Mg nos grãos necessários para obtenção de com produtividade superior a 3,67 t/ha de grãos associado ao acúmulo 30 % inferior (1º, 2º e 3º percentis) de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea

	Teores nos grãos			
	Uirapuru	Tucano	Pintado	População geral
N	76,225	76,790	78,741	77,097
P	6,937	6,740	6,974	6,892
K	13,484	13,850	14,227	13,186
Ca	2,568	2,432	2,458	2,495
Mg	3,229	3,234	3,377	3,193

#### 4.3.6. Atributos da Fertilidade do Solo

Na Tabela 68 são apresentados teores de MOS, P, K, Ca e Mg no solo das camadas de 0,00-0,15 m e de 0,15-0,30 m necessários para a obtenção de produtividades superiores a 3,67



t/ha que proporcionam acúmulo 30 % inferior de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea. São apresentados, os valores de forma individual para as cultivares Uirapuru, Tucano e Pintado e para a população geral. Os valores apresentados podem ser utilizados como guia para posteriores avaliações e recomendações.

Tabela 68. Teores de MOS, P, K, Ca e Mg nas profundidades 0-0,15 m e 0,15-0,30 m dos solos, necessários para obtenção de com produtividade superior a 3,67 t/ha de grãos associado ao acúmulo 30 % inferior de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea

		Teores no solo			
		Uirapuru	Tucano	Pintado	População geral
MOS_A	g dm <sup>-3</sup>	27,688	32,000	31,333	27,582
P_A	mg dm <sup>-3</sup>	18,813	10,200	22,111	17,945
K_A	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,994	1,040	0,900	1,031
Ca_A	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	22,188	20,000	47,778	26,236
Mg_A	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	10,625	8,800	9,500	10,982
MOS_B	g dm <sup>-3</sup>	18,750	20,400	21,556	18,800
P_B	mg dm <sup>-3</sup>	3,625	3,000	8,889	6,327
K_B	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,488	0,520	0,511	0,533
Ca_B	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	7,063	7,600	22,000	10,909
Mg_B	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,375	3,000	2,637	4,607

Matéria orgânica (MOS); Fósforo (P), pelo método da resina; Potássio (K); MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes à análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes à análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m.

#### 4.4. Diagnose do estado nutricional das lavouras

##### 4.4.1. Índices Balanceados de Kenworthy

Ao realizar o diagnóstico do balanço nutricional das lavouras não constituintes das normas nutricionais, pelo método IBK, com uso das normas nutricionais específicas (teores foliares e desvios padrão das populações com produtividade acima de 3,67 t/ha e acúmulo 30 % inferiores de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea), foi possível notar que nessa situação somente o Mg se encontra como deficiente. Entretanto, todos os nutrientes avaliados se encontraram abaixo do normal em alguma lavoura, sendo o Cu e o Mn os nutrientes mais desbalanceados nessa faixa em 30,19 e 31,11 % das lavouras, respectivamente. Com exceção do N e do P, pelo menos 0,56 % das lavouras possuíam algum nutriente como excessivo. Todos os nutrientes foram encontrados como acima do normal, em pelo menos 7,41 % das lavouras, sendo que o maior valor, 28,70 %, foi encontrado para o K. Os nutrientes com menor frequência na faixa

Normal foi o Mn, em 13,15 % das lavouras. Já o nutriente que apresentou maior frequência na faixa Normal foi o K, em 81,85 % das lavouras (Tabela 69).

Tabela 69. Frequência das lavouras nas classes de balanço propostas por KENWORTHY (1961) obtidas pela avaliação do balanço nutricional de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B com o Índice Balanceado de Kenworthy (IBK) por meio de normas nutricionais específicas

	IBK (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Deficiente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00
Abaixo do normal	7,41	17,96	5,19	21,67	17,22	10,37
Normal	72,59	62,04	65,56	65,00	63,33	65,37
Acima do normal	20,00	20,00	28,70	11,85	18,70	22,59
Excessivo	0,00	0,00	0,56	1,48	0,56	1,67
	Cu	Fe	Zn	Mn	B	
Deficiente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Abaixo do normal	30,19	0,74	20,93	31,11	10,00	
Normal	60,19	81,85	62,04	52,04	63,33	
Acima do normal	7,41	12,41	14,63	13,15	24,07	
Excessivo	2,22	5,00	2,41	3,70	2,59	

Deficiente (17 a 50 %), Abaixo do normal (50 a 83 %), Normal (83 a 117 %), Acima do normal (117 a 150 %) e excessivo (150 a 183 %). Normas nutricionais específicas (teores foliares e desvios padrão das populações com produtividade acima de 3,67 t/ha e acúmulo 30 % inferior de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea). Número de observações=540.

A diagnose do balanço nutricional pelo método IBKCont, das lavouras não constituintes das normas, com uso das normas nutricionais específicas (conteúdos foliares e desvios padrão das populações com produtividade acima de 3,67 t/ha e acúmulo 30 % inferior a de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea) permitiu novamente verificar que o Mg se encontra como o nutriente mais frequente limitante por deficiência. Além disso, com exceção do Fe e do Mn, os demais nutrientes foram encontrados como deficiente em pelo menos 2,41 % das lavouras. Todos os nutrientes se situaram na classe Abaixo do normal em pelo menos 32,22 % das lavouras, sendo que as maiores frequências foram observadas para Ca e o Cu, em 58,52 e 63,52 % das lavouras, respectivamente. Vê-se que na classe de diagnose Limitante por excesso, pelo menos 1,48 % das lavouras possuem algum nutriente em excesso, com o P e o K apresentando as maiores frequência nessa classe. Além disso, pelo menos 5,00 % das lavouras apresentaram valores acima do normal, sendo o S os nutrientes com maior frequência nessa classe de diagnose. O nutriente que apresentou menor frequência na normalidade foi o Mg, em 21,30 %

das lavouras. Já o nutriente que apresentou maior frequência na normalidade foi o Fe, em 58,89 % das lavouras (Tabela 70).

Tabela 70. Frequência das lavouras nas classes de balanço obtidas pela avaliação do balanço nutricional de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B com o Índice Balanceado de Kenworthy por meio de normas nutricionais específicas de conteúdo (IBKCont).

	N	P	K	Ca	Mg	S
Deficiente	12,22	13,89	9,81	3,15	14,07	6,48
Abaixo do normal	52,04	48,15	47,78	58,52	52,78	54,63
Normal	24,63	25,37	31,48	28,89	21,30	24,26
Acima do normal	8,52	8,89	7,59	5,56	8,70	11,67
Excessivo	2,59	3,70	3,33	3,89	3,15	2,96
	Cu	Fe	Zn	Mn	B	
Deficiente	2,41	0,00	5,93	0,00	10,56	
Abaixo do normal	63,52	32,22	53,52	57,59	49,63	
Normal	25,93	58,89	31,85	34,63	28,89	
Acima do normal	6,11	6,11	7,22	5,00	8,89	
Excessivo	2,04	2,78	1,48	2,78	2,04	

Deficiente (17 a 50 %), abaixo do normal (50 a 83 %), normal (83 a 117 %), acima do normal (117 a 150 %) e excessivo (150 a 183 %). Normas nutricionais específicas de conteúdo (conteúdos foliares e desvios padrão das populações com produtividade acima de 3,67 t/ha e acúmulo 30 % inferior de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea). Número de observações=540.

#### 4.4.2. Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS)

Ao realizar o diagnóstico do equilíbrio nutricional das lavouras não constituintes das normas nutricionais pelo método DRIS, com o uso de normas nutricionais específicas (relações duais dos teores foliares e dos desvios padrão das populações com produtividade acima de 3,67 t/ha e acúmulo 30 % inferior de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea), foi possível notar que nessa situação todos os nutrientes se encontram em algum nível de desequilíbrio, com pelo menos 3,70 % das lavouras apresentando potencial de resposta a adubação (PRA) positivo para algum nutriente. O Mg e o Mn foram os nutrientes com maior frequência de PRA positivo, em 15,37 e 18,89 % das lavouras avaliadas. Ainda, o Mg e o Mn foram os nutrientes com menores valores de PRA na classe nula. Além disso, o N e B foram os nutrientes que apresentaram as maiores frequências de diagnóstico na classe de PRA nula. Na classe de PRA negativa, o S e o Fe foram os nutrientes com maior frequência, sendo os nutrientes que menos responderiam a adubação.

Os nutrientes que apresentaram as menores frequências na classe de PRA negativa, foram P e Cu. (Tabela 71).

Tabela 71. Frequência relativa de lavouras de soja nas classes de Potencial de resposta à adubação (PRA) obtido pela avaliação do equilíbrio nutricional de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B com o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) por meio de normas nutricionais específicas

	PRA (%)										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
p	3,70	12,04	4,44	12,04	15,37	4,44	13,89	1,48	8,70	18,89	5,00
pz	6,48	10,93	5,56	17,96	13,15	8,70	17,41	6,85	16,67	16,85	7,22
z	71,48	61,30	58,33	54,63	51,30	60,00	59,44	62,22	56,30	42,04	64,07
nz	11,11	11,48	19,26	9,26	11,30	12,78	4,81	13,70	10,74	13,33	13,52
n	7,22	4,26	12,41	6,11	8,89	14,07	4,44	15,74	7,59	8,89	10,19

p: positiva; pz: positiva a nula; z: nula; nz negativa a nula; n: negativa. Normas nutricionais específicas (relações duais dos teores foliares e dos desvios padrão das populações com produtividade acima de 3,67 t/ha e acúmulo 30 % inferior de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea). Número de observações=540.

#### 4.4.3. Diagnóstico da Composição Nutricional (CND)

Ao realizar o diagnóstico do equilíbrio nutricional das lavouras não constituintes das normas nutricionais pelo método CND, com uso de normas nutricionais específicas (variáveis multinutriente, média geométrica da composição nutricional e desvios padrão das populações com produtividade acima de 3,67 t/ha e acúmulo 30 % inferior de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea), foi possível notar que nessa situação todos os nutrientes se encontram em algum nível de desequilíbrio, com pelo menos 1,11 % das lavouras apresentando PRA positivo à aplicação de algum nutriente. Como verificado pelo DRIS, pelo CND o Mg e o Mn foram os nutrientes com maior frequência de diagnóstico na classe de PRA positivo, sendo condizente também com o resultado encontrado com a avaliação pelo método IBK e IBKCont, onde, em ambos os métodos, o Mg foi o nutriente que apresentou uma maior frequência de lavouras na classe Deficiente. Na classe de PRA nula, o N e P foram os nutrientes com menor frequência e o Cu o nutriente com maior frequência de lavouras. Na classe de PRA negativa (n), o N e S foram os nutrientes para os quais houve maiores frequências de lavouras, sendo então os nutrientes que menos responderiam à adubação. Os nutrientes que apresentaram as menores frequências na classe de PRA negativa foram P e Cu, resultados condizentes com os encontrados na avaliação do PRA pelo método DRIS (Tabela 72).

Tabela 72. Potencial de resposta a adubação (PRA) obtida pela avaliação do equilíbrio nutricional de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B com o Componente da Diagnose Nutricional (CND) por meio de normas nutricionais específicas

	PRA (%)										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
p	5,93	14,26	3,33	11,67	16,48	3,89	12,04	1,11	10,00	15,37	5,74
pz	13,89	12,78	4,44	14,26	11,48	10,00	13,70	5,74	14,26	15,00	7,41
z	47,96	47,96	65,19	60,00	52,22	55,00	66,85	65,56	57,22	51,48	61,67
nz	15,19	20,74	19,07	9,07	11,67	18,52	2,78	13,52	10,56	11,11	14,07
n	17,04	4,26	7,96	5,00	8,15	12,59	4,63	14,07	7,96	7,04	11,11

p: positiva; pz: positiva a nula; z: nula; nz negativa a nula; n: negativa. Normas nutricionais específicas (variáveis multinutriente, média geométrica da composição nutricional e desvios padrão das populações com produtividade acima de 3,67 t/ha e acúmulo 30 % inferior de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea). Número de observações=540.

## 5. DISCUSSÃO

Para grande parte dos resultados obtidos neste trabalho, numa mesma faixa de produtividade, ao se comparar os dois grupos de acúmulo do nutriente na parte aérea, o menor acúmulo esteve associado a menores teores foliares.

Também foi possível notar que os teores de nutrientes nos grãos foram menores nas populações que apresentaram menores acúmulos de nutrientes.

Além disso, ao investigar os atributos da fertilidade do solo, sob as duas populações, com maior e menor acúmulo do nutriente na parte aérea das lavouras, em muitos casos, não houve diferença quanto aos teores avaliados, resultados esses que indicam que o maior ou menor acúmulo de nutrientes não foi influenciado pela sua disponibilidade no solo e sim pela eficiência nutricional da planta. Assim os resultados sugerem que as plantas referentes ao grupo de acúmulo 30 % inferior, dentro da mesma faixa de produtividade, foram capazes de produzir mais com menor quantidade absorvida do nutriente, sendo assim mais eficientes na utilização do nutriente.

Ainda, ao avaliar os resultados dos solos e das plantas das lavouras de baixa produtividade, os resultados de teores foliares e nos grãos dos nutrientes entre os dois grupos de acúmulo na parte aérea apresentaram maior variação e indicam que a falta de nutrientes levou a efeitos de concentração nas plantas dessas lavouras. Em contrapartida, em altas produtividades, os resultados obtidos nas plantas entre os dois grupos de acúmulo tiveram menor variabilidade devido a estarem mais próximos do ótimo fisiológico das plantas, sendo que as diferenças observadas devem estar relacionadas à maior eficiência nutricional. Já nas lavouras da faixa intermediária de produtividade, os resultados indicam combinação dos efeitos observados nas lavouras das outras faixas de produtividade.

Considerando a população geral, em todas as produtividades consideradas, os teores foliares de Ca, Fe, Mn e B, nos dois níveis de acúmulo na parte aérea de N, P, K, Ca e Mg, estão dentro da faixa de referência estabelecidas por SOUSA e LOBATO (2004) para a cultura da soja no cerrado. Entretanto, os teores foliares de N, P, K, Mg, S, Cu e Zn apresentaram variação de acordo com o grupo de acúmulo na parte aérea, com o nutriente acumulado e com a produtividade considerada. Ao avaliar os dois grupos de acúmulo de N na parte aérea, em produtividades superiores a 3,21 t/ha, os teores foliares desse nutriente estavam acima ou abaixo da faixa considerada como ideal pelos autores. Em contrapartida, considerando o acúmulo de

K, Ca e Mg na parte aérea, os teores foliares de N foram encontrados dentro do nível de suficiência para todas as faixas de produtividades consideradas.

Em altas produtividades, o acúmulo na parte aérea de N, P, K, Ca e Mg, de forma individual, influenciou os teores do mesmo nutriente, sendo que os menores teores foram observados nas plantas com menor acúmulo. Esses resultados podem estar relacionados com uma menor demanda do nutriente ou com a maior eficiência na ciclagem dos mesmos. O menor acúmulo de N nas plantas, foi acompanhado de um menor teor de N, P, Ca e S, enquanto que as plantas com menor acúmulo de P, apresentaram os menores teores foliares de N, P, Mg e S. Tais resultados podem estar associados com as relações sinérgicas entre N e S e com a proporção existente entre esses nutrientes nas proteínas, assim é condizente o teor foliar de S seguir o comportamento do N (FAGERIA, 2001; HABTEGEBRIAL; SINGH, 2006; KOWALENKO, 2004; MCGRATH; ZHAO, 1996). O nitrogênio e fósforo são nutrientes com funções metabólicas bem definidas que possuem proporção adequadas entre si. Assim, para a manutenção dessa relação, o menor teor foliar de N deve vir acompanhado por menor teor de P. Ainda, é importante considerar as interações sinérgicas existente entre o N e P (AULAKH; MALHI, 2005; FAGERIA; OLIVEIRA, 2014; FAGERIA, 2001; RIETRA et al., 2017; SCHLEUSS et al., 2020). Além disso, as interações existentes entre P e Mg, principalmente pela ativação das enzimas de transferência de fosfato e síntese de açúcares pelo Mg, podem explicar o menor acúmulo de um desses nutrientes ser acompanhado de uma menor concentração do outro (BERGMANN, 1992; FAGERIA, 2001; WEIH et al., 2021). No caso das plantas com menor acúmulo de K, nota-se menores concentrações de P, Mg e S, e maiores de Ca. As plantas que acumularam menos Ca, apresentaram maior concentração foliar de K, P e S e as plantas que menos acumularam Mg, apresentaram menores concentrações de P, K e S. O K, atua como ativador enzimático no ciclo fotossintético em conjunto com alguns compostos fosfatados (ANDRÉS et al., 2014; SARDANS; PEÑUELAS, 2021; TRÄNKNER; TAVAKOL; JÁKLI, 2018), portanto as plantas com menor acúmulo de K apresentarem menores teores foliares de P é condizente para a manutenção da relação P:K. Esse menor teor de P, pode estar relacionado com o menor teor foliar de Mg, encontrado nas plantas com menor acúmulo de K, devido ao sinergismo existente entre P e Mg. Ainda, é possível que tenha ocorrido competição entre cátions, o que explicaria os maiores teores foliares de K em plantas que acumularam menos Ca e os maiores teores de Ca em plantas que menos acumularam K (DIBB; THOMPSON JR, 1973; JOHANSEN; EDWARDS; LONERAGAN, 2000; MENGEL, 1973; RANADE-

MALVI, 2011). Os teores de micronutrientes não foram afetados pelo acúmulo diferencial de N, P, K, Ca e Mg na população geral de alta produtividade.

Em geral, nas lavouras na faixa de alta, os teores de nutrientes avaliados nos grãos de soja, foram sensíveis ao acúmulo diferencial de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea. Os teores nos grãos de N e P foram menores nas plantas com menor acúmulo de N e P, o que pode estar relacionado com a proporção N:P existente nas plantas. Ainda, os grãos das plantas com menor acúmulo de N apresentam também maiores teores de Ca, Mg e Zn e as plantas com menor acúmulo de P, apresentaram menores teores de Ca e maiores de Mg e Zn. A maior concentração de Zn nos grãos em populações de lavouras com menor acúmulo de P, pode estar relacionada com o antagonismo existente entre esses dois íons que podem ocorrer afetando a translocação um do outro para a parte aérea da planta (KHAN; ZENDE, 1977; LONERAGAN; WEBB, 1993; WEBB; LONERAGAN, 1988). As plantas com menor acúmulo de K, apresentaram grãos com menores teores de P e K e maiores de Ca, Mg e Mn. O menor acúmulo de K na parte aérea, pode ter levado a um aumento no teor de nutrientes catiônicos pela competição entre cátions, o que pode ter favorecido os resultados observados (COIC; LESAIN, 1971; DIBB; THOMPSON JR, 1973; MENGEL, 1973; RIETRA et al., 2017), e pode ainda ter afetado o transporte de fotoassimilados (TRÄNKNER; TAVAKOL; JÁKLI, 2018) influenciando o crescimento de grãos e levando a um efeito de concentração de alguns nutrientes (JARRELL; BEVERLY, 1981). Além do mais, o K atua na fotossíntese juntamente a compostos fosfatados, mantendo uma relação P:K, o que torna condizente a redução no teor de P nos grãos das plantas que menos acumularam K. Em contrapartida, as plantas com menor acúmulo de Ca, apresentaram maiores teores no grão de P, K, Mg, Zn e B e menor teor foliar de Ca. As populações com menor acúmulo de Mg, apresentaram menores teores no grão de P, K, Mn e B, e maiores teores de Ca, Mg e Zn, resultados que podem estar relacionados a efeitos como competição e sinergismo entre cátions. As maiores concentrações de K, Mg e Zn nos grãos, nas plantas com menor acúmulo de Ca, e de Ca, Mg e Zn na parte aérea com menor acúmulo de Mg, podem estar relacionadas com a interação existente entre esses cátions (COIC; LESAIN, 1971; JOHANSEN; EDWARDS; LONERAGAN, 2000; MENGEL, 1973; RIETRA et al., 2017). Os teores de Cu e Fe no grão não foram influenciados pelos acúmulos de nutrientes. É possível notar que independentemente do nutriente acumulado, as plantas com menor acúmulo na parte aérea apresentaram maiores teores de Mg no grão, indicando baixa eficiência agrônômica para o mesmo. Com exceção da influência do acúmulo de Ca, os teores de P no grão foram menores nas populações com menor acúmulo dos demais nutrientes, ou seja, dentro



de uma mesma produtividade, as plantas com menor acúmulo dos demais nutrientes, foram capazes de produzir grãos com menor exportação de P.

Na fase de enchimento de grãos, os nutrientes são translocados de outros órgãos da planta para os grãos em formação (CORDEIRO et al., 1979). A eficiência de uso de nutrientes é baseada na eficiência de absorção, incorporação e de utilização, sendo nesse último, levado em consideração a capacidade das plantas de remobilizarem nutrientes de um órgão para outro. A eficiência nutricional de cada nutriente varia de acordo com clima, com solo e com a planta, incluindo a variabilidade genética entre cultivares da mesma espécie (BALIGAR; FAGERIA; HE, 2001; FAGERIA, 1998). Além disso é importante considerar os mecanismos envolvidos na remobilização de nutrientes e a sua magnitude, que varia de acordo com cada nutriente (MAILLARD et al., 2015; MOREIRA; FAGERIA, 2009). Os grãos de soja podem ser utilizados tanto para a produção de óleo quanto para a alimentação humana e animal (ASBRIDGE, 1995). Em casos em que o produto visado é o óleo, o menor acúmulo de nutrientes no grão seria uma forma de economizar com nutrientes exportados. Em contrapartida, no caso da soja utilizada na alimentação, um maior acúmulo de nutrientes, principalmente N, seria uma importante característica, principalmente nos casos em que a intenção seja a realização da biofortificação agronômica dos grãos.

A maior ou menor disponibilidade de um dado nutriente no solo, é um dos fatores que pode influenciar a absorção dos demais nutrientes. A baixa disponibilidade de nutrientes pode desencadear respostas de alteração na alocação de biomassa, favorecendo não só o desenvolvimento do sistema radicular mas também mudanças na arquitetura da raiz (ALVES; DELATORRE, 2009; LÓPEZ-BUCIO; CRUZ-RAMÍREZ; HERRERA-ESTRELLA, 2003; MÜLLER; SCHMID; WEINER, 2000). Tais alterações no desenvolvimento radicular em resposta à baixa disponibilidade de nutrientes podem gerar mudanças nos padrões de absorção de nutrientes, fazendo com que o acúmulo de nutrientes seja influenciado. Ainda, maior ou menor absorção de um nutriente pode afetar o crescimento das plantas de soja, fazendo com que possam ocorrer efeitos de concentração ou diluição, que afetam os teores foliares dos demais nutrientes (JARRELL; BEVERLY, 1981).

Ao avaliar as características dos solos entre os dois grupos de acúmulo de N, P, Ca e Mg na parte aérea, nota-se que não houve diferenças que justifiquem tais comportamentos (maior ou menor acúmulo de nutriente), indicando que essas diferenças estão mais ligadas à eficiência de uso desses nutrientes pelas plantas. Em contrapartida, foi possível notar que o menor acúmulo de K esteve associado a um menor teor de MOS e a um maior teor de Mg na

camada de 0-15 cm (profundidade A) do solo, e que o menor acúmulo de Mg esteve associado a maiores teores de K nas camadas de 0-15 e de 15-30 cm (profundidades A e B, respectivamente) dos solos. Tal efeito pode estar ligado à menor disponibilidade de sítios com carga negativa para adsorção de K devido ao menor teor de MOS, quando comparada com os solos do grupo de maior acúmulo de K que apresentavam maior teor de MOS. Além disso, a competição por sítios de adsorção existente entre os cátions  $K^+$  e  $Mg^{2+}$ , pode ter afetado a disponibilidade e a absorção de  $K^+$  (DIBB; THOMPSON JR, 1973; RANADE-MALVI, 2011; XIE et al., 2021), indicando que no caso do K, as diferenças no acúmulo, podem sim estar ligadas à disponibilidade de nutrientes.

O padrão observado na população geral em lavouras de alta produtividade não se repetiu em totalidade na avaliação do teor foliar, do teor do grão e das características dos solos das cultivares em altas produtividades. O acúmulo de nutrientes não influenciou os teores de micronutrientes nas folhas e nos grãos em nenhuma cultivar. A influência do acúmulo de Mg nos teores foliares observada nas três cultivares foi o que mais assemelhou com o observado na população geral. As três cultivares apresentaram resultados parcialmente concordantes com os observados na população geral ao avaliar as concentrações dos nutrientes nas folhas das populações com menor acúmulo (1º, 2º e 3º percentis) de N, P, K, Ca e Mg, sendo as cultivares Uirapuru e Pintado as que apresentaram resultados mais próximos do visto na população geral. Na avaliação do acúmulo de N e K, os teores no grão da cultivar Pintado repetiram o padrão geral enquanto que as cultivares Uirapuru e Tucano apresentaram resultados semelhantes com os vistos na população geral. Além disso, as três cultivares apresentaram resultados semelhantes aos da população geral quanto à influência do acúmulo de P e Ca nos teores de nutrientes no grão. O acúmulo de Mg na parte aérea foi o que levou às maiores diferenças quanto comparado com a população geral.

As três cultivares apresentaram resultados parcialmente concordantes com os observados na população geral ao se avaliar os teores de K no solo das populações com menor acúmulo de N, P, Ca e Mg, sendo que as cultivares Uirapuru e Tucano apresentaram os mesmos resultados na população geral com menor acúmulo de P. O padrão observado na população geral para os teores de K no solo, em que plantas com menor acúmulo estavam estabelecidas em solo com menor teor de K, se repetiu para as três cultivares, o que pode ter influenciado as variações nos teores de nutrientes na planta. Assim, a baixa disponibilidade K nesses solos pode ter afetado o crescimento das plantas e levado a mudanças nos padrões de absorção de outros nutrientes, causando efeitos de concentração e ou diluição (JARRELL; BEVERLY, 1981).

Considerando os avanços no melhoramento genético, as cultivares mais modernas de soja apresentam eficiências nutricionais e demandas por nutrientes diferentes quando comparadas com as cultivares mais antigas (BENDER; HAEGELE; BELOW, 2015a), assim é necessário que sejam realizados mais estudos como este, com cultivares mais modernas para que se possa avaliar o impacto do acúmulo diferencial de nutrientes nos teores foliares dos mesmos e dos demais em cultivares mais atuais.

É possível encontrar na literatura diversas normas nutricionais para os métodos IBK, DRIS e CND estabelecidas para diversas culturas, entre elas, eucalipto (BARROS, 2018; ROCHA, 2020), batata (OLIVERIRA, 2017), milho (GOTT et al., 2017), banana (FILHO et al., 2021b) e inclusive da soja (KURIHARA, 2004; LOCATELLI, 2009; NETO et al., 2019; URANO et al., 2006, 2007). Vale ressaltar que SILVA et al., (2005), ao estudarem a diagnose de eucalipto, com uso de normas de diferentes localidades, ressaltam a importância do uso de normas que sejam específicas, no caso, localmente obtidas, para que se tenha diagnósticos mais exatos. Nesse estudo foi possível estabelecer normas nutricionais específicas e locais para a cultura da soja que associam produtividade superior a 3,67 t/ha e menor acúmulo (30 % inferior, ou seja, 1º, 2º e 3º percentis) de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea, para os métodos IBK, IBKCont, DRIS e CND. Assim, as normas estabelecidas neste trabalho associam o equilíbrio e o balanço nutricional em lavouras com alta produtividade com o uso mais eficiente de nutriente pelas plantas, o que pode permitir o uso mais racional de fertilizantes. O uso racional de insumos agrícolas, como fertilizantes, é uma importante estratégia para que se mantenha altos níveis de produtividade associados a doses suficientes dos nutrientes (ARTUZO; ROGÉRIO; XAVIER, 2017; DUAN et al., 2014; ZHANG et al., 2015).

Pelo histórico da área, as doses de N aplicadas por meio de fertilizantes foram muito baixas. Apesar disso, esse nutriente não apresentou alta frequência de diagnose como limitante nutricionalmente. Isso pode ser explicado pela fixação biológica de nitrogênio (FBN), que ocorre pela interação entre bactérias fixadoras de N, do gênero *Bradyrhizobium*, e leguminosas (HUNGRIA et al., 2006; HUNGRIA; VARGAS, 2000). Alguns autores relatam que a adição de N via fertilizantes, mesmo que em pequenas doses, pode interferir na FBN, outros estudos relatam que pode haver ganhos na produtividade, não havendo um consenso (ALBAREDA; RODRÍGUEZ-NAVARRO; TEMPRANO, 2009; BARBOSA et al., 2021; MENDES; BUENO; HUNGRIA, 2008; SATURNO et al., 2017; TAMAGNO et al., 2018), sendo que essas variações sugerem que a eficácia ou não do N via fertilizantes depende de condições edafoclimáticas, cultivar de soja, população de bactérias e o conteúdo de N no solo

(SALVAGIOTTI et al., 2008; SANTACHIARA; SALVAGIOTTI; ROTUNDO, 2019). Apesar disso, os resultados levam a concluir que, nas lavouras avaliadas neste trabalho, mesmo com o uso de pequenas doses de N via fertilizantes, a FBN foi suficiente para suprir a necessidade de N pelas lavouras.

Os resultados obtidos corroboram os de LIMA, (2004), que ao avaliar as mesmas lavouras, encontrou que os teores foliares de Ca e Mg se encontravam em grande parte abaixo da faixa ótima e abaixo do teor ótimo, respectivamente, quando comparado com os valores obtidos por KURIHARA (2004) pelo método da chance matemática. Além disso, o autor chama a atenção para as baixas doses utilizadas de CaO e MgO na área, com o passar das safras. O uso dessas baixas doses podem ter determinado as frequências obtidas de lavouras como tendo Ca e Mg limitantes à produção, uma vez que foram observados para esses nutrientes diagnósticos nas classes abaixo do normal e deficiente, pelo método IBK e IBKCont, e com PRA positivo e positivo a nulo pelos métodos DRIS e CND. LOCATELLI (2009), ao avaliar lavouras de soja com normas nutricionais obtidas de modo tradicional, em que a população de referência é apenas a de alta produtividade, também encontrou Mg como o nutriente mais frequente nas classes de limitação por falta (deficiente e tendendo a deficiente) pelo método IBK e desequilibrado por falta pelo método DRIS.

Mesmo considerando o uso de normas específicas, como as propostas e obtidas neste trabalho, que consideram além da produtividade o menor acúmulo de nutrientes na parte aérea, para Ca e Mg ainda foram verificadas lavouras com o diagnóstico nutricional de deficiência, o que pode estar relacionado com o uso de baixas doses de calcário na área com o passar das safras, devido à preocupação com a solubilidade dos fertilizantes de micronutrientes mais disponíveis na época (LIMA, 2004). Essa baixa eficiência de solubilidade dos fertilizantes com micronutrientes da época pode ter afetado a disponibilidade dos mesmos, o que explicaria os resultados encontrados, em que os mesmos apresentaram limitação por excesso e por falta. Assim, os resultados indicam que a aplicação de calcário nas próximas safras deveria ter sido repensada de modo a suprir a necessidade de Ca e Mg e corrigir o pH de forma satisfatória, juntamente com o uso de fertilizantes fontes de micronutrientes mais efetivos, caso houvesse indicações de suas necessidades.

A frequência de diagnose de nutrientes como deficientes e com PRA positivo e positivo a nulo indicam que estes podem ter limitado a obtenção de maiores produtividades, o que pode prejudicar a sustentabilidade de produção das lavouras, com o passar dos anos.

## 6. CONCLUSÕES

O acúmulo diferencial e individual de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea de lavouras de soja influencia os teores dos mesmos na análise foliar, sendo as populações com os menores acúmulos as que apresentam os menores teores foliares desses nutrientes, permitindo concluir que para macronutrientes a análise foliar é sensível à acumulação de macronutrientes em plantas de soja.

Os teores foliares de micronutrientes não foram sensíveis ao acúmulo dos nutrientes na parte aérea de lavouras de soja de alta produtividade.

Os resultados indicam que as diferenças nos acúmulos de N, P, Ca e Mg entre as lavouras de soja com maiores e menores acúmulos desses nutrientes para a mesma faixa de produtividade de grãos não estão relacionadas à disponibilidade de nutrientes nos solos e sim à eficiência nutricional das plantas. Contudo, nessas lavouras, o acúmulo de K foi influenciado pela disponibilidade desse nutriente no solo.

Na população geral de lavouras de soja de alta produtividade, os teores de Cu e Fe no grão não foram influenciados pelo acúmulo diferencial na parte aérea de N, P, K, Ca e Mg. Os teores de Mg foram influenciados de forma positiva, sendo que as lavouras com menor acúmulo de nutrientes na parte aérea foram as que apresentaram maiores teores de Mg no grão.

Os teores foliares de micronutrientes nas cultivares Uirapuru, Pintado e Tucano não foram sensíveis ao acúmulo de N, P, K, Ca e Mg. Os teores foliares dos macronutrientes nessas cultivares foram parcialmente concordantes com o observado na população geral.

Foram obtidos os teores de MOS, P, K, Ca e Mg nos solos (0-0,15 e 0,15-0,30 m) necessários para a obtenção de produtividades acima de 61 sacas ha<sup>-1</sup> (3,67 t/ha), com menor acúmulo de N, P, K, Ca e Mg individualmente, para a condição local.

Foi possível estabelecer normas nutricionais específicas e locais, para os métodos IBK, IBKCont, DRIS e CND, associando alta produtividade, acima de 61 sacas ha<sup>-1</sup> (3,67 t/ha), com menor acúmulo de N, P, K, Ca e Mg.

O Ca, Mg, Cu e Mn foram os nutrientes mais limitantes por falta, com diagnósticos condizentes entre os métodos avaliados. Eles apresentaram alta frequência na classe deficiente e abaixo do normal, pelo método IBK e IBKCont e no PRA positivo e positivo nulo pelos métodos DRIS e CND, indicando a necessidade de repensar a prática da calagem (fonte e quantidade) e da adubação com micronutrientes.

## REFERÊNCIAS

ALBAREDA, M.; RODRÍGUEZ-NAVARRO, D. N.; TEMPRANO, F. J. Soybean inoculation : Dose , N fertilizer supplementation and rhizobia persistence in soil. **Field Crops Research**, v. 113, n. 3, p. 352–356, 2009.

ALVES, A.; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 8, n. 2, p. 152–163, 2009.

ANDRÉS, Z. et al. Control of vacuolar dynamics and regulation of stomatal aperture by tonoplast potassium uptake. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 11, n. 17, p. E1806–E1814, 2014.

APROSOJA BRASIL. **Custo de Produção de Soja safras 18/19 – 19/20** Associação Brasileira dos Produtores de Soja, , 2020. Disponível em: <<https://aprosojabrasil.com.br/>>

ARTUZO, D.; ROGÉRIO, C.; XAVIER, L. Agricultura de precisão : inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 13, n. 29, 2017.

ASBRIDGE, D. D. Soybeans vs. other vegetable oils as a source of edible oil products. In: ERICKSON, D. R. (Ed.). . **Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization**. [s.l.] AocS Press, 1995. p. 1–8.

AULAKH, M. S.; MALHI, S. S. Interactions of nitrogen with other nutrients and water: effect on crop yield and quality, nutrient use efficiency, carbon sequestration, and environmental pollution. **Advances in Agronomy**, v. 86, p. 341–409, 2005.

BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; HE, Z. L. Nutrient use efficiency in plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, n. 1–3, p. 37–41, 2001.

BARBOSA, M. A. et al. Nitrogen fertilization in soybean : Influence on nutritional status , yield components and yield. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 00, n. 00, p. 1–9, 2021.

BARROS, T. C. **Métodos Nível Crítico, DRIS e CND validados na qualidade de mudas clonais de Eucalyptus spp.** [s.l.] Universidade Estadual Paulista, 2018.

BEAUFILS, E. R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Soil**

**Science Bulletin**, v. 1, 1961.

BENDER, R.; HAEGELE, J.; BELOW, F. Modern soybean varieties' nutrient uptake patterns. **Better Crops**, v. 99, n. 2, p. 7–10, 2015a.

BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; BELOW, F. E. Nutrient uptake , partitioning , and remobilization in modern soybean varieties. **Soil Fertility & Crop Nutrition**, v. 107, n. 2, p. 563–573, 2015b.

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants:development, visual and analytical diagnosis**New York:G.F. Verlag, 1992.

BEVERLY, R. B. et al. Foliar diagnosis of soybean by DRIS. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 17, n. 3, p. 37–41, 1986.

BORGES, J. S. **Modulador edáfico para uso em modelo ecofisiológico e produtividade potencial de povoamentos de eucalipto**. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa, 2012.

BROCH, D. L.; RANNO, S. K. Fertilidade do solo , adubação e nutrição da cultura da soja. In: **Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2008/2009**. Maracaju, MS: [s.n.]. p. 5–36.

CAIRES, E. F. et al. Soybean seed analysis as a nutritional diagnostic tool. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 51, n. 21, p. 2712–2725, 2020.

COIC, Y.; LESAIN, C. The equilibrium between potassium and other cations in the organs of higher plants. **Potassium in Biochemistry and Physiology, 8th Coll. of the Int. Potash Inst**, p. 90–103, 1971.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira - Grãos. Safra 2020/21. **Companhia Nacional de Abastecimento**, v. 8, n. 10, 2021.

CORDEIRO, D. S. et al. Calagem, adubação e nutrição mineral. In: **Ecologia, manejo e adubação da soja**. Londrina, PR: EMBRAPA SOJA, 1979. p. 19-49. (Circular Técnica, 2).

DE LIMA NETO, A. J. et al. Nutrient accumulation and nutritional efficiency in eucalyptus. **Journal of Plant Nutrition**, v. 44, n. 16, p. 2421–2434, 2021.

DIBB, D. W.; THOMPSON JR, W. R. Interaction of potassium with other nutrients. In: MUNSON, R. D. (Ed.). **Potassium in Agriculture**. [s.l: s.n.]. p. 515–533.

DUAN, Y. et al. Nitrogen use efficiency in a wheat – corn cropping system from 15 years of manure and fertilizer applications. **Field Crops Research**, v. 157, p. 47–56, 2014.

EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja. **Sistemas de Produção 17**, v. 6, p. 347, 2020.

EVANYLO, G. K.; SUMNER, M. E. Utilization of the boundary line approach in the development of soil nutrient norms for soybean production. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 18, n. 12, p. 1379–1401, 1987.

EVENHUIS, B. .; DE WAARD, P. W. F. Principles and practices in plant analysis. **Soil Plant Test. Anal**, v. 38, p. 152, 1980.

FAGERIA, N. K. Optimizing nutrient use efficiency in crop production. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 062, p. 6–16, 1998.

FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, J. P. Nitrogen, phosphorus and potassium interactions in upland rice. **Journal of Plant Nutrition**, v. 37, n. 10, p. 1586–1600, 2014.

FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 8, p. 1269–1290, 2001.

FERNANDES, L. V. **Normas e determinação de faixas de suficiência para diagnose foliar com base no crescimento relativo de eucalipto**. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa, 2010.

FILHO, O. G. et al. Boundary line approach applied among crop emergence parameters and soil physical properties. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 6, p. 454–459, 2019.

FILHO, V. A. R. et al. Model for determining nutritional and non-nutritional limitations of Grande Naine banana in the Brazilian semiarid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 8, p. 538–546, 2021a.

FILHO, V. A. R. et al. Universality of Kenworthy and DRIS norms for prata and cavendish bananas grown in two environments. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 45, p. 1–14, 2021b.

GALDINO, M. P. **Valores de referência e faixas de suficiência para avaliação do estado nutricional da cultura do eucalipto no Brasil**. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa,



2015.

GOTT, R. M. et al. Foliar diagnosis indexes for corn by the methods diagnosis and recommendation integrated system (Dris) and nutritional composition (CND). **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 48, n. 1, p. 11–19, 2017.

HABTEGEBRIAL, K.; SINGH, B. R. Effects of timing of nitrogen and sulphur fertilizers on yield, nitrogen, and sulphur contents of Tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter). **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 75, n. 1–3, p. 213–222, 2006.

HARGER, N.; FIORETTO, R.; RALISCH, R. Evaluation of the soybean nutritional status for the methods of sufficiency level and DRIS. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, n. 2, p. 219–224, 2003.

HARPER, J. E. Seasonal nutrient uptake and accumulation patterns in soybeans. **Crop Science**, v. 11, n. 3, p. 1–4, 1971.

HUNGRIA, M. et al. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: Contributions of biological N<sub>2</sub> fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, n. 4, 2006.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v. 65, 2000.

JARRELL, W. M.; BEVERLY, R. B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, v. 34, n. C, p. 197–224, 1981.

JOHANSEN, C.; EDWARDS, D. G.; LONERAGAN, J. F. Interactions between potassium and calcium in their absorption by intact barley plants. I. effects of potassium on calcium absorption. **Plant Physiology**, v. 43, n. 1968, p. 1717–1721, 2000.

JONES, C. A. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, n. 8, p. 785–794, 1981.

KENWORTHY, A. L. Interpreting the balance of nutrient-elements in leaves of fruit trees. **Plant analysis and fertilizers problems**, v. 3, n. 1, p. 28–43, 1961.

KHAN, A. A.; ZENDE, G. K. The site for Zn - P interactions in plants. **Plant and Soil**, v. 262, p. 259–262, 1977.

KOWALENKO, C. G. Variations in within-season nitrogen and sulfur interaction effects on forage grass response to combinations of nitrogen, sulfur, and boron applications. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 35, n. 5–6, p. 759–780, 2004.

KRAHL, L. L. **Diagnóstico especializado do estado nutricional**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2008.

KURIHARA, C. H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa, 2004.

KURIHARA, C. H. et al. Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e em soja, definidas em função de índices DRIS. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 412–419, 2013a.

KURIHARA, C. H. et al. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em soja, como variável do potencial produtivo. **Revista Ceres**, v. 60, n. 5, p. 690–698, 2013b.

KURIHARA, C. H.; STAUT, L. A.; MAEDA, S. **Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e soja, diagnosticadas pelo uso do método DRIS de diagnose do estado nutricional** LondrinaFertBio 2008: Desafios, , 2008.

LIMA, R. DE O. **Sustentabilidade da produção de soja no Brasil central: Características químicas do solo e balanço de nutrientes no sistema solo-planta**. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa, 2004.

LOCATELLI, M. V. **Diagnose nutricional de lavouras de soja da região de Campo Novo dos Parecis, Mato Grosso**. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa, 2009.

LONERAGAN, J. F.; WEBB, M. J. Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. In: **Zinc in soils and plants**. Dordrecht: Springer, 1993. p. 119–134.

LÓPEZ-BUCIO, J.; CRUZ-RAMÍREZ, A.; HERRERA-ESTRELLA, L. The role of nutrient availability in regulating root architecture. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 6, n. 3, p. 280–287, 2003.

MAILLARD, A. et al. Leaf mineral nutrient remobilization during leaf senescence and modulation by nutrient deficiency. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. MAY, p. 1–15, 2015.

MALAVOLTA, E.; VITII, G. C.; OLIVEIRA, S. A. DE. **Avaliação do estado**

**nutricional de plantas: princípios e aplicações.** 2ª ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

MCGRATH, S. P.; ZHAO, F. J. Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). **Journal of Agricultural Science**, v. 126, n. 1, p. 53–62, 1996.

MELO, F. DE B. et al. Critical levels and sufficiency ranges for leaf nutrient diagnosis in cowpea grown in the Northeast region of Brazil. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 51, n. 4, p. 1–9, 2020.

MENDES, I. D. C.; BUENO, F.; HUNGRIA, M. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1053–1060, 2008.

MENGEL, K. Cation competition in higher plants. **Bull. Rech. Agron. Gembloux**, p. 168–179, 1973.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Yield, uptake, and retranslocation of nutrients in banana plants cultivated in upland soil of Central Amazonian. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, n. 3, p. 443–457, 2009.

MÜLLER, I.; SCHMID, B.; WEINER, J. The effect of nutrient availability on biomass allocation patterns in 27 species of herbaceous plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 3, n. 2, p. 115–127, 2000.

NETO, A. J. DE L. et al. Establishment of critical nutrient levels in soil and plant for eucalyptus. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 44, p. 1–16, 2020.

NETO, J. V. et al. Sistema integrado de diagnose e recomendação para soja em função das doses de níquel, cobalto e molibdênio. **Revista Agrarian**, v. 12, n. 43, p. 48–56, 2019.

OLIVERIRA, R. C. **Adubação mineral em cultivares de batata: produtividade, qualidade e sistema integrado de diagnose e recomendação DRIS.** [s.l.] Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

PARENT, L. E. et al. Diagnosis of nutrient composition in fruit crops: Major developments. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (Eds.). **Fruit Crops Diagnosis and Management of Nutrient Constraints.** 1. ed. [s.l.] Elsevier, 2020. p. 145–156.

PARENT, L. E. .; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis.

”**Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 117, n. 2, p. 239–242, 1992.

POLTRONIERI, R. **Modelos matemáticos e computacionais para avaliação do estado nutricional da soja por meio de diagnose em folhas e grãos**. [s.l.] Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2015.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos, 1991.

RANADE-MALVI, U. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. **Karnataka J. Agric. Sci.**, v. 24, n. 1, p. 106–109, 2011.

RIETRA, R. P. J. J. et al. Effects of nutrient antagonism and synergism on yield and fertilizer use efficiency. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 48, n. 16, p. 1895–1920, 2017.

ROCHA, J. E. C. DA. **Estado nutricional e adubação em plantios de Eucalyptus brassiana S.T. Blake X Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden na Amazônia oriental**. [s.l.] Universidade Federal Rural da Amazônia, 2020.

SALVAGIOTTI, F. et al. Nitrogen uptake , fixation and response to fertilizer N in soybeans : A review. **Field Crops Research**, v. 108, n. 1, p. 1–13, 2008.

SANTACHIARA, G.; SALVAGIOTTI, F.; ROTUNDO, J. L. Nutritional and environmental effects on biological nitrogen fixation in soybean : A meta-analysis. **Field Crops Research**, v. 240, n. 1, p. 106–115, 2019.

SARDANS, J.; PEÑUELAS, J. Potassium control of plant functions : Ecological and agricultural implications. **Plants**, v. 10, n. 2, 2021.

SATURNO, D. F. et al. Mineral nitrogen impairs the biological nitrogen fixation in soybean of determinate and indeterminate growth types. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 12, 2017.

SCHLEUSS, P. M. et al. Interactions of nitrogen and phosphorus cycling promote P acquisition and explain synergistic plant-growth responses. **Ecology**, v. 101, n. 5, p. 1–14, 2020.

SILVA, G. G. C. DA et al. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 29, n. 1, p. 755–761, 2005.

SOUSA, D. M. G. DA; LOBATO, E. (EDS.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2º Edição ed. Brasília (DF): EMBRAPA CERRADO, 2004.

SOUSA, J. S. et al. Relationship between coffee leaf analysis and soil chemical analysis. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 42, p. 1–13, 2018.

TAMAGNO, S. et al. Interplay between nitrogen fertilizer and biological nitrogen fixation in soybean : implications on seed yield and biomass allocation. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1–11, 2018.

TRÄNKNER, M.; TAVAKOL, E.; JÁKLI, B. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis , photosynthate translocation and photoprotection. **Physiologia Plantarum**, v. 163, p. 414–431, 2018.

URANO, E. O. M. et al. Soybean nutritional status evaluation. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1421–1428, 2006.

URANO, E. O. M. et al. Determinação de toeres ótimos de nutrientes em soja pelos métodos Chance Matemática, Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação e Diagnose da Composição Nutricional. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 31, n. 3, p. 63–72, 2007.

USDA. **Oilseeds: World Markets and Trade** U.S. Department of Agriculture, , 2021. Disponível em: <<https://www.usda.gov/>>

USHERWOOD, N. R. **Nutrient management for top-profit soybeans. News and view** Norcross, GAPotash and Phosphate Inst., Int. Plant Nutrition Inst., , 1998.

WADT, P. G. S. **Os métodos da Chance Matemática e do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto**. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa, 1996.

WEBB, M. J.; LONERAGAN, J. F. Effect of zinc deficiency on growth, phosphorus concentration, and phosphorus toxicity of wheat plants. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, n. 6, p. 1676–1680, 1988.

WEBB, R. A. Use of the Boundary Line in the analysis of biological data. **Journal of Horticultural Sciences**, v. 47, p. 309–319, 1972.

WEIH, M. et al. Evidence for magnesium-phosphorus synergism and co-limitation of grain yield in wheat agriculture. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, p. 9012, 2021.

XIE, K. et al. Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. **Crop Journal**, v. 9, n. 2, p. 249–256, 2021.

ZHANG, X. et al. Managing nitrogen for sustainable development. **Nature**, v. 528, n. 7580, p. 51–59, 2015.

## APÊNDICE A

Valores máximo, mínimos e médios dos valores de produtividade e dos teores foliares.

		Amplitude do banco de dados		
		máximo	média	mínimo
		Produtividade de grãos em R8		
	$t\ ha^{-1}$	4,603	3,452	1,506
		Teores foliares em R3		
N		73,557	50,214	28,600
P		4,180	2,801	1,349
K		28,700	17,397	6,500
Ca	$g\ kg^{-1}$	19,700	8,401	3,500
Mg		6,300	3,395	1,050
S		4,390	2,581	0,907
Cu		63,000	9,714	3,000
Fe		833,000	125,695	58,000
Zn	$mg\ kg^{-1}$	133,000	51,297	21,000
Mn		250,000	53,632	18,000
B		110,000	42,682	21,000
		Teores nos grãos em R8		
N		139,836	84,269	65,171
P		12,593	7,604	6,001
K	g	27,895	16,077	10,059
Ca		4,482	2,804	2,163
Mg		5,866	3,478	1,984
Cu		314,830	46,585	3,256
Fe		712,780	134,915	80,934
Zn	mg	164,033	87,779	68,865
Mn		81,842	42,236	30,389
B		56,424	35,705	27,763
		Teores nos solos		
MOS_A	$g\ dm^{-3}$	49,000	29,170	13,000

P_A	mg dm <sup>-3</sup>	97,000	21,086	1,000
K_A	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,100	1,181	0,100
Ca_A	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	240,000	23,255	3,000
Mg_A	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	68,000	11,084	2,000
MOS_B	g dm <sup>-3</sup>	34,000	20,170	8,000
P_B	mg dm <sup>-3</sup>	31,000	5,736	1,000
K_B	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,600	0,599	0,100
Ca_B	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	136,000	9,328	1,000
Mg_B	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	57,000	4,339	1,000

MOS\_A, P\_A, K\_A, Ca\_A e Mg\_A valores referentes a análise do solo na profundidade 0-0,15 m; MOS\_B, P\_B, K\_B, Ca\_B e Mg\_B valores referentes a análise do solo na profundidade 0,15-0,30 m.



## APÊNDICE B

Gráficos de dispersão entre o conteúdo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea e a produtividade

