



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
ENGENHARIA AGRONÔMICA

Otávio Prates da Conceição

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE AMOSTRAGEM PARA DIAGNOSE
FOLIAR NA CULTURA DO MILHO

Sete Lagoas, 2015

Otávio Prates da Conceição

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE AMOSTRAGEM PARA DIAGNOSE
FOLIAR NA CULTURA DO MILHO

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João Del Rei como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Área de concentração: Fertilidade do solo

Orientador: Dr. Silvino Guimarães
Moreira

Sete Lagoas, 2015

Otávio Prates da Conceição

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE AMOSTRAGEM PARA DIAGNOSE
FOLIAR NA CULTURA DO MILHO

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João Del Rei como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Sete Lagoas, 2015

Banca examinadora:

Orientador Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira, UFSJ

Prof. Dr. Claudio Manoel Teixeira Vitor , UFSJ

Prof. Dr. Bruno Montoani Silva, UFSJ

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me concedeu a vida e a partir dela toda força e orientação necessária para vencer os obstáculos.

Aos meus pais, Marly e Otávio, que sempre me apoiaram em minhas escolhas e cujo amor e incentivo nunca faltou nos bons e maus momentos.

Ao meu irmão Victor, pelo companheirismo e a toda a minha família, tios, primos, aos meus avós Délio e Honorina, cuja ausência é marcada pela saudade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira, cujo apoio e dedicação sempre encontrei ao longo da minha graduação, sobretudo na minha orientação.

Ao Dr. Álvaro Vilela de Resende, cujos valores e princípios se tornaram uma referência em minha conduta. Aos meus eternos companheiros de Embrapa: Tales, Roney, Raquel e Clério.

A Embrapa Milho e Sorgo pelo apoio institucional e por todo suporte necessário para desempenhar minhas atividades. Ao pesquisador Dr. Camilo e a todos os funcionários de campo da Embrapa, sobretudo ao Itamar e o Barão.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro na concessão de bolsas de Iniciação Científica ao longo de cinco anos.

A Andreia, Waldir e Bruna, pois, sem o apoio incondicional dos mesmos, dificilmente alcançaria esta vitória.

RESUMO

Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos visando à definição de metodologias para a diagnose foliar em culturas, sobretudo para o milho. Apesar da grande variedade de estudos acerca deste tema no Brasil, em geral não há resultados conclusivos quanto ao método mais adequado de amostragem para esta cultura. O objetivo deste trabalho foi o de comparar nove métodos de amostragem foliar com o método definido por Malavolta et al. 1997, estabelecido como padrão neste trabalho e avaliar a influência dos diferentes métodos amostrais nos teores de macro e micronutrientes, avaliando a adequabilidade de cada tratamento com relação a faixa de suficiência estabelecida para cada nutriente. O experimento foi conduzido em área experimental irrigada da Embrapa Milho e Sorgo, na safra 2013/14, com delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial, sendo dois ambientes de manejo (alto e médio investimento) e três híbridos comerciais (DKB 390, AG 8088 e P 30F53O), com parcelas subdivididas e quatro repetições. Em cada ambiente, as cultivares constituíram parcelas e os métodos amostrais as subparcelas. A área foi manejada de tal modo a estabelecer dois ambientes distintos de fertilidade, sendo caracterizados como de alto e médio investimento. Na adubação de base utilizou-se o formulado NPK 08-28-16 nas quantidades de 220 e 450 kg ha⁻¹ e em cobertura foram aplicados 90 e 200 kg ha⁻¹ de N, nos ambientes de médio e alto investimento, respectivamente. Os métodos amostrais foram baseados em metodologias já elucidadas na pesquisa e a faixa de suficiência escolhida foi a referente ao trabalho de Malavolta et al. 1997, uma vez que o método padrão estabelecido neste experimento foi proposto pelo mesmo autor. De acordo com a metodologia escolhida para análise de macro e micronutrientes das cultivares, pôde se constatar diferentes respostas no que se refere aos teores dos nutrientes nos tecidos foliares. As variações entre os métodos foram significativas, para ambos os grupos de nutrientes, o que pode dificultar a interpretação do estado nutricional em que se encontra a cultura. Neste aspecto, eleva-se a margem de erros, considerando eventuais recomendações em adubação, sobretudo, quando não se tem definido o procedimento amostral mais eficiente. Desta forma, verifica-se a necessidade de melhor definição dos procedimentos de amostragem para a correlação mais segura dos resultados da análise foliar aos critérios de interpretação para a cultura do milho.

Palavras-chave: amostragem foliar, diagnose nutricional, milho.

ABSTRACT

Many studies have been conducted with the purpose of establishing methodologies for leaf diagnosis in crops, especially maize. Even though there is a great variety of studies regarding this topic in Brazil, in general, the results are not conclusive about the more adequate sampling method for this crop. The aim of this study was to compare nine different leaves sampling methods with the method defined by Malavolta et al., 1997, established as standard in this work and to evaluate the influence of different sampling methods in macro and micronutrients levels, assessing the suitability of each treatment regarding the sufficiency range established for each nutrient. The experiment was carried out in an experimental irrigated area belonging to Embrapa Milho e Sorgo, in the 2013/14 harvest, with a randomized block design, in factorial design, with two management environments (high and medium investment) and three commercial hybrids (DKB 390, AG 8088 and P 30F53O), with split plots and four replications. In each environment, cultivars were plots and subplots sampling methods. The area was set up in a way that it provided two different fertility environments, characterized as high and medium investment. For the base fertilization, the formulated NPK 08-28-16 was used in the rate of 220 and 450 kg ha⁻¹ and for the cover 90 and 200 kg ha⁻¹ of N was used, on the medium and high investment, respectively. The sampling methods were based on methodologies that had been presented on the research and sufficiency range was chosen Concerning the work Malavolta et al., 1997, since the standard method established in this experiment was proposed by the same author. According to the methodology chosen to analyze macro and micronutrients of the cultivars, it has been possible to observe different responses regarding the nutrient contents on the leaf tissue. The variation observed when comparing methods were significant on both group of nutrients, which may hinder the comprehension of the current nutritional status of the cultivation. Thus, the error margin increases, considering eventual recommendations about the fertilization, overall, as the most effective sampling procedure has not been defined. Therefore, the need for a better definition of sampling procedures has been identified in order to obtain safer results on leaf analyses and the criteria for comprehension of maize cultivation.

Keywords: foliar sampling time, nutritional diagnosis, maize.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1 Efeitos dos métodos de coleta na concentração de micronutrientes e sua comparação com o método proposto por Malavolta et al., (1997)	16
4.2 Efeitos dos métodos de coleta na concentração de macronutrientes e sua comparação com o método proposto por Malavolta et al., (1997)	24
5. CONCLUSÃO.....	40
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios para os pesquisadores em fertilidade do solo e nutrição de plantas consiste na definição de metodologias eficientes para a aferição do estado nutricional das culturas, principalmente em países onde há limitações na produtividade, em decorrência de desequilíbrios nutricionais (CARVALHO et al. 2002). Além do mais, à medida que se constata a intensificação e modernização da agricultura, verifica-se a importância da aferição de critérios para adubação, sendo imprescindível definir padrões seguros que se ajustem adequadamente às necessidades da cultura (PINHO et al. 2009).

A diagnose foliar consiste em se avaliar o estado nutricional das culturas a partir da análise de determinadas folhas em período definido da vida da planta (MAIA, 2012). Fundamenta-se na relação existente entre a concentração dos nutrientes nas folhas com o crescimento e/ou a produtividade da cultura (BATAGLIA, 1991; MARTINEZ et al. 1999). A partir de estudos de correlação e calibração, definem-se os níveis críticos dos nutrientes nas plantas, cujas concentrações seriam consideradas adequadas do ponto de vista agrônomo e/ou a faixa de suficiência, cuja vantagem adicional sobre o método do nível crítico é a de considerar um intervalo de valores adequados e não um valor pontual (GOTT et al. 2014).

Estes métodos são caracterizados por considerarem cada elemento presente na amostra de forma univariada, isto é, desconsiderando as interações entre os nutrientes (GOTT et al. 2014). Além disso, tendo em vista a praticidade na interpretação dos dados obtidos nas análises químicas, estes métodos são os mais difundidos e conhecidos para a diagnose foliar das culturas agrícolas.

Existem trabalhos na literatura que demonstram uma relação direta entre a concentração de alguns nutrientes nos tecidos foliares e sua disponibilidade no solo (KILLORN e ZOURARAKIS, 1992), o que permite, segundo os autores, detectar sua deficiência por meio de análises químicas. Deste modo, a diagnose foliar complementaria os resultados obtidos a partir das análises de solo para um diagnóstico mais seguro e coerente da real situação da lavoura. O manejo nutricional da cultura poderá, neste sentido, ser melhorado pelo uso da análise foliar como ferramenta operacional (CAMACHO et al. 2012).

Para Carvalho et al. (2001), a recomendação adequada de fertilizantes para o crescimento, desenvolvimento e produção das culturas pode ser alcançado com a identificação dos nutrientes que estariam limitando estas variáveis. Também se evitaria a aplicação desnecessária de certos nutrientes, bem como doses excessivas. Estes ajustes na fertilização possibilitariam a redução dos custos e aumento da eficiência dos programas de adubação.

A maioria dos erros relacionados à interpretação da análise química das plantas está associada a problemas na amostragem (DECHEN et al. 1995). Dessa forma, é essencial a padronização do método empregado neste processo, tendo em vista a mitigação de possíveis falhas e eventuais dificuldades na ocasião do prognóstico nutricional da cultura (RESENDE et al. 2006). Ademais, a análise foliar se justifica pelo baixo custo e considerável eficiência no fornecimento do estado nutricional da planta (GOTT et al. 2014).

A elucidação da influência na época de amostragem, posição da folha na planta e a respectiva porção analisada sobre os resultados das análises dos nutrientes é considerada de extrema relevância para uma diagnose adequada. Apesar da grande variedade de trabalhos acerca destes temas no Brasil, em geral não há resultados conclusivos quanto ao método mais adequado de amostragem foliar para a cultura do milho. Há inclusive, resultados contraditórios. Do mesmo modo, não há definição com relação à posição das folhas na planta a serem amostradas e a escolha de suas respectivas porções para análise química.

Ainda assim, a um método de referência que é utilizado por grande parte dos especialistas e consultores. O método elaborado por Malavolta et al., (1997), que propõe a coleta da folha abaixo e oposta da espiga, é uma referência em alguns estados, como São Paulo e Minas Gerais, embora não seja indicado nos boletins de adubação dos mesmos.

Neste contexto, desenvolveu-se o presente estudo com o intuito de avaliar as diferentes formas disponíveis para amostragem foliar, com relação a sua eficiência na diagnose nutricional do milho, comparando os teores observados em nove métodos com relação à metodologia de Malavolta et al., (1997). Aferiu-se também se os valores enquadraram-se nas faixas de suficiência definidas para cada nutriente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os estudos pioneiros que estabeleceram as bases para a elaboração da metodologia da diagnose foliar foram realizados por Lagatu e Maumé (1926a; 1930b), inclusive com a elucidação do conceito deste termo, que, segundo os autores, refere-se ao “estado químico de uma folha, tomada em determinado momento”. Em definição mais moderna, o nível crítico de um dado nutriente na planta é referido como o valor da concentração do mesmo na folha que separa a zona de deficiência da zona de suficiência (MARTINEZ et al., 2003).

Os níveis críticos foliares dos nutrientes consistem em informações essenciais para a avaliação do estado nutricional de uma cultura, além do que, auxiliam nas recomendações de adubação e/ou correção de solos deficientes destes (LEITE et al. 2003). O nível crítico de um nutriente é determinado como a relação entre o seu teor percentual na folha e a produção final alcançada, o que também pode ser referido como a sua concentração ótima (ANDRADE, 1975). Para Macy (1936), o nível crítico pode ser conceituado como "o ponto de inflexão superior da curva produção versus teor do nutriente".

Alguns anos depois, Ulrich (1948) estabeleceu o termo “faixa de suficiência”, como um intervalo de valores considerados adequados à cultura, em contraposição ao “ponto” definido por Macy (1936). Em trabalho mais recente, Martinez et al., (1999) definiu o nível crítico como o teor de um nutriente, em determinada parte da planta, que se associa a 90 % da produtividade ou crescimento máximos.

Observa-se na literatura grande diversidade de trabalhos relacionados à diagnose foliar em milho, e neste sentido, há uma gama variável de metodologias propostas para a coleta das folhas a serem analisadas (OLIVEIRA, 2002; MARTINEZ et al., 1999; CANTARELLA et al., 1996; COELHO e FRANÇA, 1995). Dentre os aspectos levados em consideração, os principais relacionam-se à época de amostragem, posição da folha na planta e a respectiva porção analisada.

Como exemplo, observa-se recomendações distintas nos dois principais boletins de recomendação de adubação do país. Para o Estado de Minas Gerais, a Quinta Aproximação propõe a coleta do terço basal da quarta folha abaixo do ápice da planta (folha +4), sem a nervura central (Martinez et al., 1999). Já para o Boletim 100,

utilizado no Estado de São Paulo, sugere a coleta do terço central da folha da base da espiga. Do mesmo modo, percebe-se distinção quanto à época de amostragem, sendo que a metodologia referente ao boletim de Minas Gerais propõe a coleta aos 60 dias após o plantio e o de São Paulo no pleno florescimento (50 % das plantas pendoadas). Preferencialmente, deveria ser adotado o estágio de florescimento, uma vez que há grande variação no desenvolvimento e crescimento das plantas de milho entre as cultivares (superprecoce, precoces e tardias) e sob diferentes condições climáticas (GUISCEM et al., 2001; BARBANO et al., 2001).

Embora sejam recomendações oficiais, elas tem sido pouco usadas na prática, tendo em vista a adoção por grande parcela dos especialistas e consultores do método elaborado por Malavolta et al., 1997, que recomenda a coleta da folha abaixo e oposta da espiga.

Há trabalhos que consideram a coleta da segunda folha desenvolvida abaixo da espiga principal, na época da emergência da inflorescência feminina na cultura do milho. Trabalhando com várias folhas e épocas de amostragem, Viets et al., (1954) constataram que esta posição apresenta melhores correlações entre teores de nutrientes nas folhas e produção de grãos. Avaliando a porção clorofilada, isto é, sem a nervura, da segunda folha abaixo da espiga durante o florescimento, Lanza (1960) encontrou uma correlação positiva entre produção, teor de proteína no grão e teor de N na folha.

Também há estudos que abordam cada nutriente isoladamente, avaliando sua concentração nas folhas e sua correlação com a produção da cultura. É conhecido que a concentração do nitrogênio nas folhas de milho varia de acordo com a posição das mesmas nas plantas, em função da mobilidade do mesmo, conferindo valores distintos quando realizada as análises de tecido (ZUFFO et al. 2012). Além disso, é necessário também se atentar à parte da folha escolhida para amostragem.

No trabalho desenvolvido por Lavorenti et al., (1982), comparou-se as posições de coleta (folhas +4 e abaixo e oposta à espiga) na nutrição da cultura do milho, quanto ao nitrogênio. Considerando à época de amostragem (florescimento pleno), constatou-se maior sensibilidade das folhas coletadas na posição +4 para o diagnóstico nutricional da planta com relação ao nitrogênio.

Estudando a sensibilidade de diferentes porções das folhas de milho para diagnóstico do estado nutricional da cultura, com relação ao nitrogênio, Gallo e Coelho

(1963) analisaram o terço basal, mediano e a parte referente à ponta da folha. As folhas coletadas corresponderam à quarta a partir do ápice da planta, para a época de amostragem definida como a nona semana após o plantio. Observou-se que a amostragem e posterior análise química do terço basal apresentou-se mais eficiente para diagnose da nutrição nitrogenada na cultura.

Outro fator que deve ser considerado em amostragens foliares se refere às cultivares empregadas, tendo em vista que estas apresentam comportamentos distintos com relação à extração e exportação de nutrientes, o que lhes confere concentrações diferenciadas destes elementos em seus tecidos. Dantas e Malavolta (1983) observaram a resposta das cultivares de milho HMD-7974, Centralmex e Piranão à adubação de nitrogênio, fósforo e potássio, além da adição de uma mistura de micronutrientes. Uma vez analisadas, pôde-se constatar o comportamento diferencial das cultivares utilizadas no experimento com relação ao nível crítico dos nutrientes.

Em trabalhos mais recentes, ainda se constata divergências no que se refere à amostragem foliar do milho. Coelho e França (1995) recomendam a coleta da folha inteira, oposta e abaixo da espiga, excluindo a nervura central, para análise foliar da cultura. Metodologia semelhante é indicada por Malavolta et al., (1997), diferindo unicamente na presença da nervura central, que para o autor, não deve ser retirada. Cantarella et al., (1996) orientam que se colete o terço central da folha da base da espiga, na fase de pendramento. Oliveira (2002) também indica que se analise o terço central da folha, porém, recomenda que se colete na posição abaixo e oposta a espiga. Martinez et al., (1999) recomendam amostrar o terço basal da folha +4, retirando-se a nervura central.

Apesar da grande quantidade de estudos que abordem este assunto e da existência de dois métodos preconizados pelos Estados de Minas Gerais e São Paulo (ainda que não sejam de uso muito usual, sendo o método de Malavolta et al., 1997 mais empregado), ainda não há uma definição clara da metodologia mais eficiente e segura para a amostragem foliar do milho. Este fato se evidencia em função da gama variada de métodos elaborados e disponíveis, atualmente na literatura, para diagnose nutricional da cultura. Esses diferentes tipos de amostragem se distinguem quanto ao grau de complexidade e de uniformidade no procedimento de coleta no campo (Resende et al., 2006). Entretanto, em virtude das respostas distintas quanto ao método empregado, ainda há dúvidas quanto à padronização da metodologia mais apropriada.

Este cenário justifica maiores esforços em pesquisas relacionadas à diagnose foliar na cultura do milho, sobretudo abrangendo os fatores considerados mais controversos, como a época de amostragem e a posição da folha coletada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental irrigada da Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas - MG), localizada a 19°28'30'' de latitude S, 44°15'08'' de longitude W e 732 m de altitude, na safra 2013/14. O solo do presente estudo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2006), cujas condições de fertilidade após as correções químicas do solo visando à construção da fertilidade dos dois ambientes de investimento encontram-se na Tabela 1. Ressalta-se que estas adubações foram realizadas antes das adubações de semeadura e de cobertura. Essa condição de fertilidade pode ser considerada como adequada à alta, para solos do Cerrado (SOUSA e LOBATO, 2004).

A área experimental foi manejada de tal modo a estabelecer dois ambientes distintos de fertilidade, sendo caracterizados como de alto e médio investimento. No dia 02 de junho de 2013, foi realizada a semeadura de milho na área do médio investimento e milho consorciado com crotalária no talhão referente ao ambiente de alto investimento, objetivando a formação de palhada para o plantio direto. No dia 12 de setembro, ocorreu o corte dessas forrageiras, sendo posteriormente dessecadas as rebrotas com Roundup®.

Tabela 1. Caracterização química do solo em ambientes com diferentes níveis de investimento tecnológico, nas profundidades de 0-20 a 20-40 cm, após adubações corretivas.

Atributo	Unidade ¹	Nível tecnológico			
		Alto	Médio	Alto	Médio
		Profundidade: 0-20 cm		Profundidade: 20-40 cm	
Matéria orgânica ^{2/}	dag kg ⁻¹	4,7	4,6	3,8	3,8
pH em água		6,6	6,6	6,0	6,2
Al ^{3/}	cmol _c dm ⁻³	0,0	0,0	0,0	0,0
H+Al ^{4/}	cmol _c cm ⁻³	2,2	2,7	3,2	3,4
P ₂ O ₅ ^{5/}	mg dm ⁻³	21,0	17,0	8,0	6,0
K ₂ O ^{5/}	mg dm ⁻³	147,0	109,0	80,0	71,0
Cálcio trocável (Ca ²⁺) ^{3/}	cmol _c dm ⁻³	5,6	5,3	4,0	4,1
Magnésio trocável (Mg ²⁺) ^{3/}	cmol _c dm ⁻³	1,4	1,2	0,8	0,8
Soma de bases (SB) ^{6/}	cmol _c dm ⁻³	7,4	6,8	5,0	5,1
CTC pH 7 (T) ^{7/}	cmol _c dm ⁻³	9,5	9,5	8,2	8,5
Saturação por bases (V) ^{8/}	%	77,0	71,0	61,0	60,0
Saturação por Al ³⁺ (m) ^{9/}	%	0,0	0,0	0,0	0,0
Cobre disponível ^{5/}	mg dm ⁻³	0,9	0,8	0,9	0,9
Ferro disponível ^{5/}	mg dm ⁻³	29,0	28,0	29,0	31,0
Manganês disponível ^{5/}	mg dm ⁻³	59,0	56,0	37,0	43,0
Zinco disponível ^{5/}	mg dm ⁻³	8,4	5,4	3,7	3,3

^{1/} dag/kg = % (m/m); cmol_c/dm³ = meq/100 cm³; mg/dm³ = ppm (m/v). ^{2/} Método Walkley & Black (C.O., em dag/kg = % (m/m)). ^{3/} Método KCl 1 mol/L. ^{4/} Método Ca(OAc)₂ 0,5 mol/L, pH 7. ^{5/} Método Mehlich⁻¹. ^{6/} SB = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺. ^{7/} T = SB + (H + Al). ^{8/} V = 100 SB/T. ^{9/} m = 100 Al³⁺/t.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial, sendo dois ambientes de manejo (alto e médio investimento) e três híbridos comerciais transgênicos (DKB 390, AG 8088 e P 30F530), com parcelas subdivididas e quatro repetições. Os ambientes constituíram de parcelas, sendo as mesmas subdivididas e compostas por 10 formas de amostragem foliar na cultura do milho, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2 – Métodos de amostragem de folhas de milho utilizados no experimento (Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG).

Métodos	Especificação
T1 (padrão)	Folha abaixo e oposta à espiga, inteira com nervura
T2	Folha bandeira
T3	Quarta folha abaixo do ápice, completa (Folha +4)
T4	30 cm a partir da base da quarta folha abaixo do ápice
T5	Folha da espiga, completa
T6	Folha abaixo e oposta à espiga, sem a nervura
T7	Terço basal com nervura da folha abaixo e oposta à espiga
T8	Terço basal sem nervura da folha abaixo e oposta à espiga
T9	Terço médio com nervura da folha abaixo e oposta à espiga
T10	Terço médio sem nervura da folha abaixo e oposta à espiga

A semeadura do milho foi realizada no dia 08 de novembro de 2013, sendo empregado o espaçamento de 0,5 metro entre as linhas de semeadura. Durante a adubação de semeadura utilizou-se o formulado NPK 08-28-16, acrescido de 0,3% de boro), nas quantidades de 220 e 450 kg ha⁻¹ nos ambientes de médio e alto nível investimento, respectivamente. Na adubação de cobertura, realizada entre os estádios V5 e V6, isto é, plantas com cinco a seis folhas completamente desenvolvidas, foram aplicados 90 e 200 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, nos ambientes de médio e alto investimento. No estádio fenológico referente ao V7 (plantas de milho com setes folhas completamente expandidas) realizou-se uma aplicação do fertilizante foliar Biozyme® (1,73% de N; 5% de K₂O; 0,08% de B; 0,49% de Fe; 2,1% de S; 2,45% de Zn; 1,0% de Mn; 3,5% de Co), na dosagem de 250 mL ha⁻¹, no ambiente de alto investimento.

A amostragem foliar ocorreu na época do florescimento (emissão da inflorescência feminina), conforme métodos descritos na Tabela 2 e ilustrado nas fotos 1 a 6. Preferencialmente, deve-se preconizar o estádio fenológico de coleta, em vista da variabilidade de respostas do milho às diferentes condições edafoclimáticas a que está sujeito. Por isso, a época de coleta neste trabalho foi fixada no pleno florescimento. Além disso, a faixa de suficiência escolhida foi a proposta por Malavolta et al., (1997),

tendo em vista que o método determinado como referência neste trabalho foi o elaborado pelo mesmo autor (folha abaixo e oposta a espiga). A faixa de suficiência possivelmente permitirá agrupar os métodos amostrais mais eficientes com relação aos teores que reportarão, uma vez que o solo se encontra com sua fertilidade bem construída (Tabela 1) e, teoricamente, a disponibilidade dos nutrientes não será um problema para o desenvolvimento da cultura.

Após as amostragens, as folhas foram limpas com papel toalha e acondicionadas em sacos de papel. Posteriormente, o material foi seco, moído e analisado quanto aos teores totais de macro e dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn, conforme metodologia proposta por Silva, (1999).

Os dados referentes a cada ambiente de cultivo foram submetidos à análise de variância e teste de média de Scott-Knott a 5% de probabilidade, com o auxílio do sistema Sisvar (FERREIRA, 2011).



Figura 1. Amostragem da folha bandeira, a primeira a após o pendão.



Figura 2. Amostragem da folha oposta e abaixo da espiga principal.



Figura 3. Amostragem da quarta folha a partir do ápice.



Figura 4. Extração da nervura central da folha de milho para análise química.



Figura 5. Secção da folha nos terços médio e basal com nervura.



Figura 6. Secção da folha nos terços médio e basal sem nervura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito dos métodos de coleta na concentração de micronutrientes e sua comparação com o método proposto por Malavolta et al., (1997)

Cobre

Observando a Tabela 3, pode-se notar que a análise química da folha oposta e abaixo da espiga (Malavolta et al., 1997), método considerado como referencia neste trabalho, apresentou teores adequados com relação a faixa de suficiência para o nutriente (6 a 20 mg kg⁻¹), em ambos os ambientes.

No médio investimento, o nível de Cu da folha oposta e abaixo da espiga (Método T1) foi de 8,0 mg kg⁻¹ e não diferiu estatisticamente da amostragem da folha da espiga (7,7 mg kg⁻¹), da folha oposta e abaixo da espiga, sem nervura (8,2 0 mg kg⁻¹) e do terço médio sem nervura da folha abaixo e oposta da espiga (8,1 0 mg kg⁻¹), sendo que, juntos, foram responsáveis pelas maiores concentrações deste nutriente no ambiente de média adubação.

Tabela 3 - Concentração de micronutrientes nas folhas em função de métodos de amostragem na cultura do milho, em dois níveis de investimento em adubação (Médio e Alto), média de três cultivares.

Método	Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
	Médio	Alto	Médio	Alto	Médio	Alto	Médio	Alto
mg/kg.....							
T1	8,0a	9,5b	159,0a	146,1a	26,4c	27,6c	15,1d	15,9d
T2	4,7d	6,5d	48,9c	67,7f	31,4b	42,1a	30,7a	37,4a
T3	7,3b	8,8c	87,8b	85,1e	39,2a	39,4a	23,3b	27,3b
T4	5,5d	6,7d	62,5c	64,0f	32,9b	34,3b	21,2c	23,3c
T5	7,7a	9,5b	132,5a	132,4b	28,0c	29,1c	15,4d	17,2d
T6	8,2a	10,7a	146,3a	148,0a	25,1d	26,9c	15,5d	17,0d
T7	5,0d	5,7e	106,0b	100,2d	27,3c	25,6c	11,2e	12,6d
T8	6,5c	8,2c	136,6a	118,3c	23,9d	23,6d	14,5d	17,2d
T9	7,4b	9,0c	98,2b	91,9e	22,4d	22,1d	12,1e	14,3d
T10	8,1a	10,2a	106,6b	103,4d	24,0d	24,4d	13,9d	16,6d
Médias	6,8	8,5	108,4	105,7	28,0	29,5	17,3	19,9
CV (%)	11,9	9,7	26,6	14,6	15,1	14,2	11,9	25,6

(**T1**): Folha abaixo e oposta à espiga, completa (MALAVOLTA et al., 1997); (**T2**): Folha bandeira; (**T3**): Folha +4 inteira; (**T4**): Folha +4, 30 cm da base; (**T5**): Folha da espiga inteira; (**T6**): Folha abaixo da espiga, inteira e sem nervura; (**T7**): Folha abaixo da espiga, terço base com nervura; (**T8**) Folha abaixo da espiga, terço base sem nervura; (**T9**): Folha abaixo da espiga, terço médio com nervura; (**T10**): Folha abaixo da espiga, terço médio sem nervura.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Os demais métodos diferiram estatisticamente do padrão, contudo, a amostragem e análise da folha bandeira (Método T2) e dos 30 cm da base da quarta folha abaixo do ápice (Método T4) apresentaram concentrações de Cu abaixo da faixa de suficiência para o nutriente, respectivamente 4,7 e 5,5 mg kg⁻¹. Tendo em vista que estas folhas se encontram em posições relativamente altas da planta, os menores teores observados poderiam ser justificados em função da translocação do Cu das raízes para as brotações mais novas ser lenta e limitada (KIRKBY e ROMHELD, 2007), o que possibilitaria um acúmulo nas folhas mais baixas da planta. Ademais, contrariando as expectativas, uma vez que tende a se constatar maiores concentrações de Cu na parte mais baixa da planta, também se observou que o método T8, referente à coleta do terço basal sem nervura da folha oposta e abaixo da espiga, apresentou concentração do Cu inferior à faixa de suficiência do mesmo (5,0 mg kg⁻¹). Embora não seja prontamente móvel na planta, LONERAGAN (1975) demonstrou que o movimento deste elemento é dependente da

sua concentração e, em plantas bem supridas pelo Cu, o movimento do nutriente de órgãos reprodutivos para as folhas pode ocorrer.

No ambiente de alto investimento, a concentração de Cu observada com a coleta da folha oposta e abaixo da espiga foi de $9,5 \text{ mg kg}^{-1}$, numérica e estatisticamente igual ao método T5 (coleta da folha da espiga), de modo análogo ao observado no ambiente de médio investimento, cujos tratamentos referidos não diferiram a um nível de 5% de significância. Apesar das diferenças estatísticas significativas dos demais tratamentos com relação ao método padronizado, apenas o método T8 (Terço basal sem nervura da folha abaixo e oposta da espiga) apresentou concentração abaixo da faixa de suficiência para o Cu, igual a $5,7 \text{ mg kg}^{-1}$.

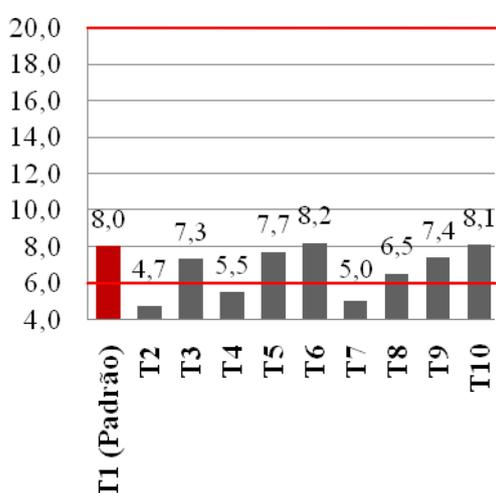


Gráfico 1. Variação dos teores foliares de Cu em relação aos métodos amostrais (Médio investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

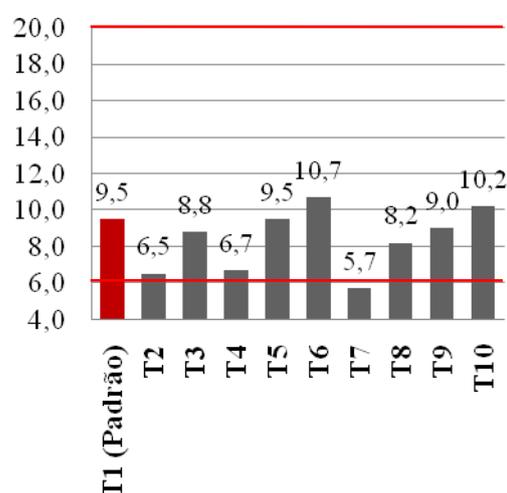


Gráfico 2. Variação dos teores foliares de Cu em relação aos métodos amostrais (Alto investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

Ferro

Com relação ao Fe, a coleta da folha abaixo e oposta à espiga (Método T1) apresentou concentrações adequadas, em ambos os ambientes, tendo em vista que a faixa de suficiência para o nutriente varia entre $50 \text{ a } 250 \text{ mg kg}^{-1}$ (MALAVOLTA et al., 1997).

Os métodos cujas folhas coletadas foram a da espiga (Método T5), a abaixo e oposta da espiga sem nervura (Método T6) e o seu terço basal sem nervura (Método T8) não diferiram estatisticamente da metodologia padrão (MALAVOLTA et al., 1997), consistindo nos maiores teores observados no médio investimento. Os valores observados pela análise destes tratamentos foram, respectivamente, 132,5, 146,3 e 136,6 mg kg⁻¹. Estes valores estão de acordo com a faixa de suficiência estabelecida para este nutriente (entre 50 a 250 mg kg⁻¹). Apesar das diferenças estatísticas entre os demais métodos com relação ao padrão, a maior parte deles não apresentou concentrações inferiores à faixa de suficiência para o Fe, com exceção da amostragem da folha bandeira (Método T2) no médio investimento, cujo teor foi de 48,9 mg kg⁻¹.

Os menores teores no ambiente de médio investimento foram constatados com a coleta e análise da folha bandeira (Método T2) e dos 30 cm a partir da base da quarta folha abaixo do ápice da planta (Método T4). Segundo KIRKBY e ROMHELD, (2007), a exemplo do Cu, o Fe também apresenta mobilidade bastante limitada dentro das plantas, sobretudo aquele incorporado aos cloroplastos. Este fato possivelmente justificaria as baixas concentrações encontradas nas folhas mais novas e a tendência de apresentarem os sintomas de deficiência quando em condições de baixa concentração do nutriente (TERRY e LOW, 1982).

No ambiente de alto investimento, o método T6 (coleta da folha abaixo e oposta da espiga, sem nervura), cujo valor foi de 148,0 mg kg⁻¹, não diferiu estatisticamente do padrão (Método T5), sendo os dois tratamentos responsáveis pelas maiores concentrações. Todos os demais apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) se comparado ao método proposto por Malavolta et al. 1997, porém, em nenhum se constatou níveis inferiores a faixa de suficiência para o Fe (20 a 250 mg kg⁻¹).

As menores concentrações do Fe no ambiente de média adubação foram observadas com a coleta da folha bandeira (Método T1) e dos 30 cm a partir da base da quarta folha abaixo do ápice da planta (Método T3), respectivamente 67,7 e 64,0 mg kg⁻¹. Os baixos teores observados nestas folhas demonstram a dificuldade do Fe em ser transportado nos tecidos da planta, sendo fortemente afetados pelas condições climáticas e químicas do solo.

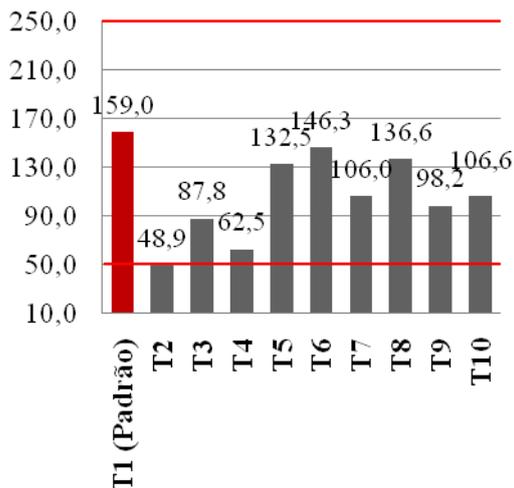


Gráfico 3. Variação dos teores foliares de Fe em relação aos métodos amostrais (Médio investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

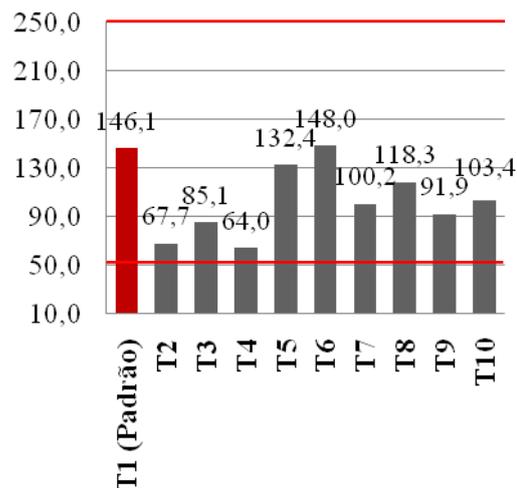


Gráfico 4. Variação dos teores foliares de Fe em relação aos métodos amostrais (Alto investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

Manganês

O método proposto por Malavolta et al., (1997), segundo o qual se coleta a folha oposta e abaixo da espiga, não apresentou teores considerados adequados para o Mn em ambos os ambientes de adubação (26,4 e 27,6 mg kg⁻¹ nos ambiente de médio e alto investimento, respectivamente), sendo a faixa de suficiência do Mn situada entre 50 a 150 mg kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997)

Observou-se que, no ambiente de médio investimento, os teores oriundos da coleta e análise da folha da espiga (Método T5) e do terço basal com nervura da folha abaixo e oposta à espiga (Método T7) não diferiram estatisticamente do método sugerido como padrão neste trabalho (folha abaixo e oposta a espiga), cujos valores foram de 28,0 e 27,3 mg kg⁻¹, respectivamente. Já no alto investimento, além dos métodos referidos acima, também a amostragem da folha abaixo e oposta da espiga, sem nervura (Método T6) apresentou concentração estatisticamente igual ao método de Malavolta et al., (1997), cuja concentração foi de 26,9 mg kg⁻¹.

Independente do ambiente, todas as metodologias empregadas para diagnose nutricional do milho, com relação ao Mn, não apresentaram concentrações consideradas adequadas (MALAVOLTA et al., 1997), ainda que tenham apresentado valores significativamente distintos da referência (folha abaixo e oposta da espiga). Vale ressaltar que, se aplicado a faixa de suficiência proposta por Martinez et al., (1999), cujos valores situam-se entre 20 a 150 mg kg⁻¹, todos os métodos utilizados se adequariam ao milho. Contudo, tendo em vista que o método definido como padrão foi o sugerido por Malavolta et al., 1997, achou-se conveniente adotar as faixas de suficiências propostas pelos mesmos.

Conforme a Tabela 1, os teores discriminados nas análises de solo para o Mn (59 e 56 mg dm⁻³ nos ambientes de alto e média fertilidade, respectivamente) encontram-se bastante elevados, apesar das concentrações baixas observadas nas folhas amostradas em todos os tratamentos. Levanta-se a hipótese de que, esta situação, possa ser explicada em função dos processos de imobilização do Mn na rizosfera, que pode torná-lo indisponível às plantas, mesmo em presente em teores adequados (KIRKBY e ROMHELD, 2007).

Os menores teores foram observados com a coleta e análise da folha abaixo e oposta da espiga, sem nervura (Método T6), no ambiente de médio investimento e com as amostragens dos terços basal, sem nervura (Método T8) e médios com (Método T9) e sem nervura (Método T10), nos dois ambientes. Com relação às maiores concentrações, constatou-se o método T3 (quarta folha a partir do ápice) em ambos os ambientes e o método T2 (folha bandeira) no de alto investimento. Apesar do Mn ser considerado um elemento de baixa mobilidade em plantas (HEENAN e CAMPBELL, 1980), geralmente apresentando deficiências do mesmo nas folhas mais novas (COELHO e FRANÇA, 1995), este nutriente pode ser facilmente translocado através do xilema das raízes até as brotações, mesmo as localizadas nos ápices da planta (HORST, 1976). Este fato poderia justificar as maiores concentrações das folhas localizadas nas posições mais elevadas das plantas amostradas, em contraste aos baixos teores observados nas folhas mais velhas. Uma vez que o Mn é incorporado ou imobilizado nas folhas, não pode mais ser retranslocado às folhas situadas nas partes mais baixas da planta (WOOD et al., 1986). Além disso, no alto investimento houve a aplicação do fertilizante foliar Byozime®, que pode ter contribuído com os teores de Mn nas folhas mais novas.

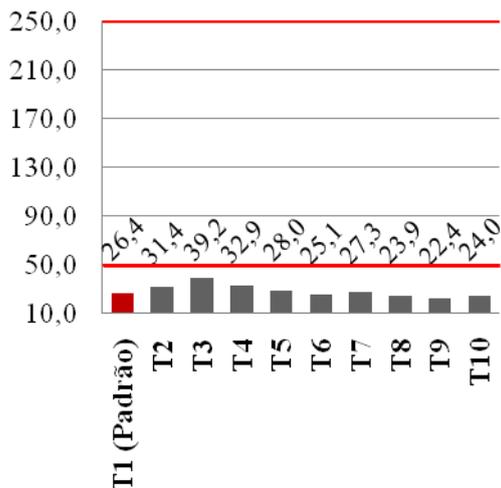


Gráfico 5. Variação dos teores foliares de Mn em relação aos métodos amostrais (Médio investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

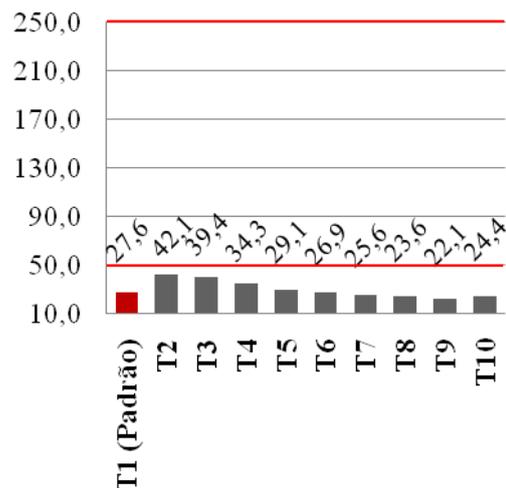


Gráfico 6. Variação dos teores foliares de Mn em relação aos métodos amostrais (Alto investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

Zinco

O método referente à coleta da folha abaixo e oposta da espiga (Método T1), cujos valores observados foram de 15,1 e 15,9 mg kg⁻¹ no médio e alto investimento, conseguiu se adequar à faixa de suficiência do Zn para o milho (entre 15 a 50 mg kg⁻¹), conforme a Tabela 3.

No ambiente de médio investimento, os métodos T5 (folha da espiga), T6 (folha abaixo e oposta da espiga, sem nervura), T8 (terço basal sem nervura da folha abaixo e oposta à espiga) e o T10 (terço médio sem nervura da folha abaixo e oposta à espiga) não diferiram estatisticamente do método de amostragem padrão (MALAVOLTA et al., 1997). Com relação ao ambiente de alto investimento, a grande maioria dos métodos amostrais não diferiu significativamente do padrão estabelecido ($p < 0,05$), ou seja, o método da coleta da folha abaixo e oposta à espiga (Método T1), sendo estes os métodos T5 (folha da espiga) e todas as metodologias que empregaram a folha abaixo e oposta à espiga, neste caso, o T6 (completa e sem nervura), T7 e T8 (os terços basais com e sem nervura, respectivamente), e o T9 e T10 (terços médios com e sem nervura, respectivamente). Ressalta-se que, dos métodos referidos acima, apenas o T7 (terço

basal com nervura da folha abaixo e oposta à espiga), T8 (terço basal sem nervura da folha abaixo e oposta à espiga), T9 (terço médio com nervura da folha abaixo e oposta à espiga) e T10 (terço médio sem nervura da folha abaixo e oposta à espiga) no ambiente de médio investimento e o T7 e T9 no alto investimento não se adequaram a faixa de suficiência para Zn na cultura do milho, isto é, de 15 a 50 mg kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997).

No ambiente de médio investimento em adubação, a coleta e análise do terço basal com nervura (Método T7) e do terço médio com nervura (Método T9), ambos referentes à folha abaixo e oposta à espiga, apresentaram as menores concentrações de Zn. Já no alto investimento, além do método T1 (MALAVOLTA et al., 1997), todos os tratamentos que foram iguais estatisticamente ao mesmo apresentaram os menores teores para o nutriente estudado (conforme descrito no parágrafo anterior, métodos T4, T6, T7, T8, T9 e T10).

Em contraste, os maiores teores em ambos os ambientes foram observados com a amostragem da folha bandeira (Método T2), 30,7 e 37,4 mg kg⁻¹, respectivamente. Os métodos T3 (quarta folha a partir do ápice da planta) e T4 (30 cm a partir da base da quarta folha abaixo do ápice), apresentaram teores de 23,3 e 21,2 mg kg⁻¹ no médio investimento, respectivamente, e no alto investimento constatou-se sucessivamente teores de 27,3 e 23,3 mg kg⁻¹. Juntamente com o método T1 (folha bandeira), em ambos os ambientes, estes tratamentos apresentaram concentrações consideradas adequadas ao Zn, uma vez que os valores situam-se dentro da faixa de suficiência para o mesmo (20 a 70 mg kg⁻¹).

Há trabalhos na literatura que atribuem ao Zn uma baixa mobilidade nas plantas (MALAVOLTA et al., 1980), sendo que sua translocação ocorreria principalmente durante a senescência (WOOD et al., 1986). Estas constatações contrariam os resultados alcançados neste trabalho, cujas maiores concentrações foram observadas nas folhas mais novas e nas posições de coleta mais alta nas plantas (Folha bandeira e a quarta a partir do ápice). Além do mais, as folhas mais velhas (situadas nas partes mais baixas das plantas), apresentaram as menores concentrações, contrapondo a tendência de maiores acumulações nesta região. Longnecker e Robson (1993) ponderam a imobilidade do Zn, afirmando que há casos em que o elemento é considerado de baixa mobilidade na planta e em outros não. De acordo com Clarkson e Hanson (1980), a

baixa mobilidade do Zn é devida à pequena capacidade de ligação a quelatos aniônicos. Todavia, alguns autores consideram o Zn altamente móvel nas plantas (CAKMAK e MARSCHNER, 1990), e segundo Marschner (1995), o Zn parece ser o mais móvel de todos os micronutrientes.

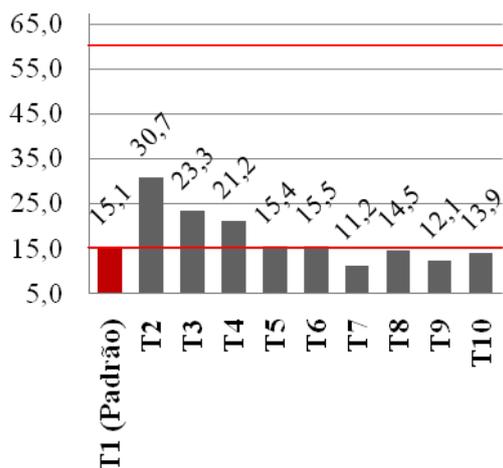


Gráfico 7. Variação dos teores foliares de Zn em relação aos métodos amostrais (Médio investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

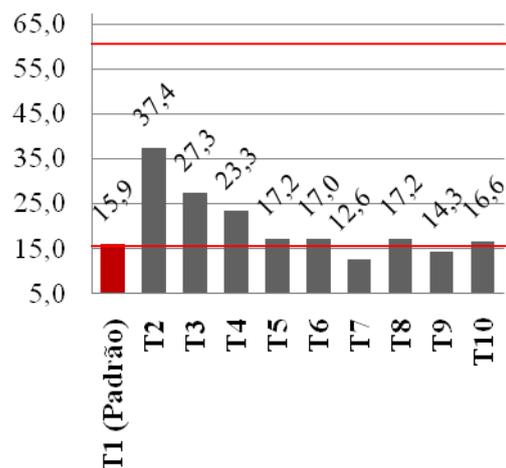


Gráfico 8. Variação dos teores foliares de Zn em relação aos métodos amostrais (Alto investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

4.2 Efeito dos métodos de coleta na concentração de micronutrientes e sua comparação com o método proposto por Malavolta et al., (1997)

Nitrogênio

Observando a Tabela 4, constata-se que o método proposto por Malavolta et al., 1997, referente a coleta da folha completa abaixo e oposta a espiga, apresentou concentrações de N consideradas adequadas, conforme a faixa de suficiência do mesmo (27,5 a 32,5 g kg⁻¹), em ambos os ambientes.

Nos dois ambientes de investimento em adubação, os métodos T5 (Folha da espiga) e T9 (Terço médio com nervura da folha abaixo e oposta a espiga) não diferiram do

tratamento considerado padrão (MALAVOLTA et al., 1997), cujos valores foram, respectivamente, de 29,0 e 28,0 g kg⁻¹ no médio investimento e de 31,0 g kg⁻¹ em ambos os tratamentos no alto investimento. Além disso, no ambiente de médio investimento, também o teor observado no método T3 (quarta folha abaixo do ápice da planta) se igualou estatisticamente ao encontrado pelo padrão. Todos estes métodos apresentaram teores considerados satisfatórios para o N, cuja faixa de suficiência, segundo Malavolta et al., 1997, é de 27,5 a 32,5 g kg⁻¹).

Tabela 5 - Concentração de macronutrientes nas folhas em função de métodos de amostragem na cultura do milho, em dois níveis de investimento em adubação (Médio e Alto), média de três cultivares.

Métodos	N		P		K		Ca		Mg		S	
	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto
	%			g/kg.....							
T1	2,8b	3,2b	2,5a	2,6b	17,6b	24,0c	7,3a	5,7b	2,8a	2,2b	2,5a	2,7b
T2	2,3d	2,6d	2,3b	2,4d	13,8c	15,7d	4,2e	4,9d	1,6c	1,6d	2,1b	2,4b
T3	2,9b	2,9c	2,3b	2,5c	13,0c	16,5d	6,2c	5,6b	2,1b	1,6d	2,5a	2,6b
T4	2,1d	2,3e	2,0c	2,1d	13,8c	19,4d	4,3e	4,0e	2,1b	1,7d	1,8c	1,9c
T5	2,9b	3,1b	2,5a	2,7b	16,2c	22,1c	6,9b	5,9b	2,6a	2,0c	2,5a	2,6b
T6	3,2a	3,5a	2,6a	3,0a	17,8b	26,0b	7,7a	6,4a	2,8a	2,3a	2,7a	3,1a
T7	2,0e	2,1f	1,8d	1,9d	14,3c	24,0c	4,6d	3,7e	2,7a	1,9c	1,7c	1,5d
T8	2,6c	3,0c	2,4b	2,8a	20,4a	28,3a	5,0d	4,0e	2,6a	2,0c	2,1b	2,5b
T9	2,8b	3,1b	2,2c	2,5b	15,1c	25,0c	6,7b	5,3c	2,8a	2,1b	2,2a	2,5b
T10	3,1a	3,5a	2,5a	2,9a	16,0c	25,8b	7,4a	5,8b	2,8a	2,3a	2,5a	3,0a
Médias	26,6	29,1	2,3	2,5	18,8	22,7	6,0	5,1	2,5	2,0	2,3	2,5
CV (%)	6,79	6,10	9,39	8,43	20,18	11,61	12,27	9,34	11,81	11,00	17,02	11,96

(T1): Folha bandeira; (T2): Folha +4 inteira; (T3): Folha +4, 30 cm da base; (T4): Folha da espiga inteira; (T5): Folha da espiga, inteira e com nervura; (T6): Folha da espiga, inteira e sem nervura; (T7): Folha abaixo da espiga, terço base com nervura; (T8) Folha abaixo da espiga, terço base sem nervura; (T9): Folha abaixo da espiga, terço médio com nervura; (T10): Folha abaixo da espiga, terço médio sem nervura.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Os menores teores observados foram provenientes da amostragem do terço basal, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga (método T7), sendo que, no médio investimento, sua concentração correspondeu a 20,0 g kg⁻¹ e no ambiente de alta adubação, foi igual a 21,0 g kg⁻¹. Estes valores encontram-se fora da faixa de suficiência do N para o milho (27,5 a 32,5 g kg⁻¹), segundo Malavolta et al., 1997.

O N é transportado no xilema e redistribuído em processos relativamente rápidos (MALAVOLTA et al., 1997), o que permite sua distribuição e acúmulo em todos os tecidos das plantas. Contudo, em condições de deficiência deste nutriente, pode ocorrer a sua mobilização das folhas velhas para os órgãos e folhas mais novas (LIMA, 2002). No caso deste trabalho, pressupõe que o solo da área experimental apresentava quantidades de N suficientes para demanda da cultura, em ambos os ambientes, tendo em vista o histórico da área, a palhada remanescente de soja e as adubações efetuadas na ocasião da semeadura e cobertura (220 e 450 kg ha⁻¹ do formulado NPK 08-28-16 e adubações em cobertura nas quantidades de 90 e 200 kg ha⁻¹ de N, nos ambientes de médio e alto nível investimento, respectivamente). Estes fatores possivelmente justificam as concentrações de N semelhantes nas folhas mais novas e mais velhas, levando em consideração que, entre essas últimas, esperavam-se menores teores em função da mobilidade do nutriente em questão (SALVADOR et al., 1994).

Por outro lado, os maiores teores no ambiente de médio investimento foram iguais a 32,0 e 31,0 g kg⁻¹, referentes aos métodos T6 (folha abaixo e oposta à espiga sem nervura) e T10 (terço médio sem nervura da folha abaixo e oposta a espiga), respectivamente. Os mesmos métodos amostrais (T6 e T10) foram responsáveis pelas maiores concentrações de N no alto investimento, cujas concentrações foram de 35 g kg⁻¹ em ambos os tratamentos. Contudo, em vista da faixa de suficiência considerada para o N (27,5 a 32,5 g kg⁻¹), os teores observados no ambiente de alto investimento encontram-se acima deste intervalo de valores. Presumi-se que as maiores adubações aplicadas neste ambiente e a utilização da crotalária no período anterior a instalação do experimento tenham assegurado maior disponibilidade do N à plantas de milho, cuja tendência, nestas condições, é a de apresentar maiores concentrações do nutriente em sua parte aérea a medida que se eleva a disponibilidade do N no solo (ARAÚJO et al., 2004).

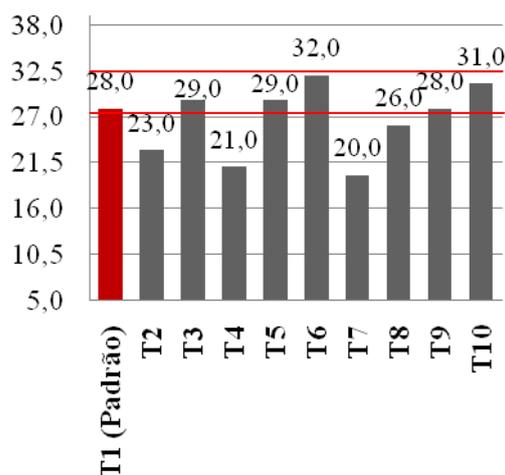


Gráfico 9. Variação dos teores foliares de N em relação aos métodos amostrais (Médio investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

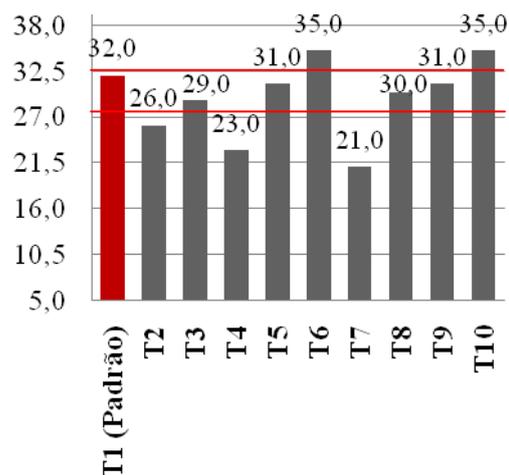


Gráfico 10. Variação dos teores foliares de N em relação aos métodos amostrais (Alto investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

Fósforo

De acordo com a Tabela 4, os teores de P alcançados pelo método T1 (MALAVOLTA et al., 1997), isto é, a coleta da folha abaixo e oposta a espiga, encontram-se dentro da faixa de suficiência para o nutriente (entre 2,5 a 3,5 g kg⁻¹, segundo Malavolta et al., 1997). Os valores observados nos ambientes de médio e alto investimento foram iguais a 2,5 e 2,6 g kg⁻¹, respectivamente.

No ambiente de médio investimento, os métodos T5 (folha da espiga), T6 (folha abaixo e oposta à espiga, sem nervura) e T10 (terço médio sem nervura da folha abaixo e oposta à espiga) não diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) do método padrão (folha abaixo e oposta à espiga). Com relação ao ambiente de maior investimento em adubação, o método padrão foi estatisticamente igual ($p < 0,05$) aos métodos T5 (folha da espiga) e T9 (terço médio com nervura da folha abaixo e oposta à espiga). Ressalta-se que todos os tratamentos que diferiram do método proposto por Malavolta et al., (1997) encontram-se com seus teores adequados, segundo a faixa de suficiência do nutriente P para o milho (2,5 a 3,5 g kg⁻¹, segundo Malavolta et al., 1997).

Os menores teores foram alcançados com a coleta do terço basal, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga (Método T7), cuja concentração no médio investimento foi igual a $1,8 \text{ g kg}^{-1}$ e pela amostragem da folha bandeira (Método T2), dos 30 cm a partir de sua base (Método T4) e, a semelhança do médio investimento, o método T7, os quais apresentaram teores iguais a 2,4, 2,1 e $1,9 \text{ g kg}^{-1}$, no ambiente de alto investimento. Os valores observados acima não se adéquam a faixa de suficiência do P para o milho (2,5 a $3,5 \text{ g kg}^{-1}$, segundo Malavolta et al. 1997).

Com relação aos maiores teores, observou-se que, além do método padrão (folha abaixo e oposta à espiga), os métodos T5 (folha da espiga), T6 (folha abaixo e oposta à espiga) e T10 (terço médio, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) foram os responsáveis pelas maiores concentrações do P no ambiente de médio investimento, com teores de 2,5, 2,6 e $2,5 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. No alto investimento, os métodos T8 e T10, cujos teores foram iguais a 2,8 e $2,9 \text{ g kg}^{-1}$, apresentaram as maiores concentrações, juntamente com o método padrão (Malavolta et al., 1997).

De modo análogo ao N, em decorrência da alta mobilidade, os sintomas de deficiência do P aparecem, inicialmente, nas folhas mais velhas do milho (MENGEL e KIRKBY, 1982). Isto ocorre, porque o P é facilmente redistribuído pelo floema, sendo que, em condições de deficiência, o fósforo inorgânico sai do vacúolo e é redistribuído para os órgãos novos em crescimento (MALAVOLTA, 1980). Neste contexto, observando a Tabela 1, nota-se teores de P_2O_5 no solo estavam bastante elevados (ALVAREZ et al., 1999), o que pode justificar as concentrações de P bem distribuídas e semelhantes entre as folhas mais novas (folha bandeira e a quarta abaixo do ápice) e as mais velhas (folhas da espiga e abaixo e oposta a mesma), em alguns, não variando estatisticamente (Tabela 4).

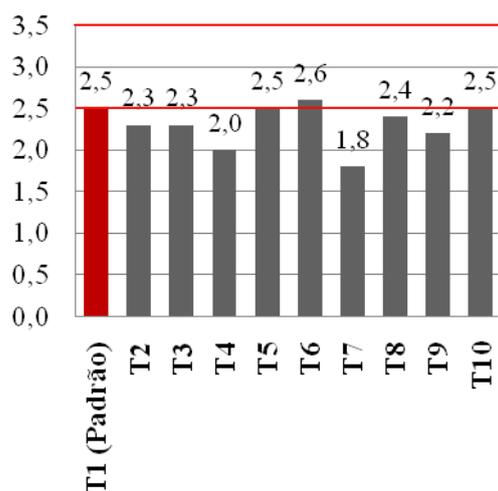


Gráfico 11. Variação dos teores foliares de P em relação aos métodos amostrais (Médio investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

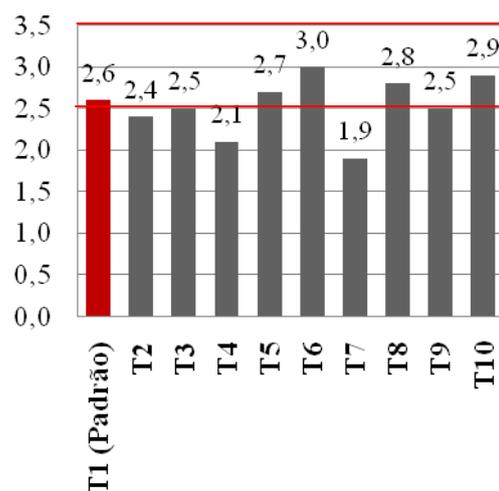


Gráfico 12. Variação dos teores foliares de P em relação aos métodos amostrais (Alto investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

Potássio

A metodologia proposta por Malavolta et al., 1997 e definida como o método padrão neste trabalho apresentou teores adequados para o K, em ambos os ambientes de investimento. No médio investimento, a concentração foi a igual a 17,5 g kg⁻¹ e no alto investimento equivalente a 24,0 g kg⁻¹, sendo a faixa de suficiência deste nutriente de 17,5 a 22,5 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997).

O método T6 (folha abaixo e oposta à folha da espiga, sem nervura) não diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) do tratamento padrão (folha abaixo e oposta à folha da espiga), no ambiente de médio investimento, sendo observada uma concentração de 17,8 g kg⁻¹. No alto investimento, os métodos T5 (folha da espiga), T7 (terço basal, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) e T9 (terço médio, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) foram estatisticamente idênticos ao método padrão, considerando um nível de significância de 5%. Os valores encontrados nestes métodos foram de 22,1, 24,0 e 25,0 g kg⁻¹, respectivamente. Os métodos que não diferiram estatisticamente do tratamento padrão (MALAVOLTA et al., 1997), independente do

ambiente, apresentaram teores dentro da faixa de suficiência para o K (17,5 a 22,5 g kg⁻¹).

No ambiente de médio investimento, os métodos amostrais T1 (folha bandeira), T2 (quarta folha abaixo do ápice da planta), T3 (30 cm a partir da base da quarta folha abaixo da espiga), T4 (folha da espiga), T7 (terço basal, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga), T9 (terço médio, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) e T10 (terço médio, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) foram os responsáveis pelas menores concentrações entre as folhas analisadas, cujos valores variaram entre 13,0 g kg⁻¹ (Método T2) a 16,2 g kg⁻¹ (Método T4). Estes tratamentos apresentaram concentrações abaixo da faixa de suficiência de K para o milho (17,5 a 22,5 g kg⁻¹, segundo Malavolta et al., 1997).

Por outro lado, os menores teores observados no alto investimento foram encontrados com a coleta da folha bandeira (Método T2), da quarta folha abaixo do ápice da planta (Método T3) e a porção referente aos 30 cm a partir da sua base (Método T4). Neste caso, as concentrações foram de 15,7, 16,5 e 19,4 g kg⁻¹, respectivamente. Comparando com a faixa de suficiência do K (17,5 a 22,5 g kg⁻¹), com exceção do método T3 no ambiente de alto investimento (teor igual a 19,4 g kg⁻¹), estes tratamentos apresentaram concentrações inadequadas para o milho.

Os maiores teores foram encontrados com a análise do terço basal, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga (Método T8), em ambas as condições de fertilidade. As concentrações observadas foram de 20,4 g kg⁻¹ no ambiente de médio investimento e de 28,3 g kg⁻¹ no de alto investimento. Alguns tratamentos encontraram teores acima da faixa de suficiência para o K, conforme o gráfico 14, dentre eles os métodos T1 (folha abaixo e oposta à espiga), T6 (folha abaixo e oposta à espiga, sem nervura), T7 (terço basal, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga), T8 (terço basal, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga), T9 (terço médio, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) e T10 (terço médio, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga). Vale lembrar que as plantas possuem um grande potencial para absorção de K, desde que o mesmo esteja disponível, o que foi observado no ambiente de alto investimento (147 mg dm⁻³ na camada de 0 a 20 cm). Padilha (1998) notou que as plantas podem absorver quatro vezes mais K, em relação ao N, o que caracteriza o consumo de luxo.

O K tende a mover-se diretamente do solo para os pontos de crescimento, sendo com frequência mobilizado das folhas velhas para as mais novas (LIMA, 2002), o que justifica o aparecimento dos sintomas de sua deficiência inicialmente nas folhas velhas (MALAVOLTA, 1980). Apesar deste nutriente ser facilmente redistribuído via floema, o íon potássio é preferencialmente translocado para os tecidos mais jovens (MALAVOLTA, 1980; MENGEL e KIRKBY, 1982). No entanto, observando o gráfico 14, relativo ao ambiente de alto investimento, nota-se uma tendência de crescimento da concentração do K nos tratamentos que empregaram folhas mais velhas (método T5 referente à folha da espiga e os métodos T6 ao T10, que utilizaram a folha abaixo e oposta à espiga). Esta tendência se confirma com a análise estatística, que demonstrou que os menores teores foram encontrados nos tratamentos T2 (folha bandeira), T3 (quarta folha abaixo do ápice) e T4 (30 cm a partir da base da quarta folha abaixo do ápice), conforme a Tabela 4. Vale lembrar, que o teor de K encontrado no solo para o ambiente de alto investimento foi de 147 mg dm^{-3} (Tabela 1), valor considerado bastante elevado (ALVAREZ et al., 1999), o que poderia justificar a baixa mobilidade para as folhas mais novas.

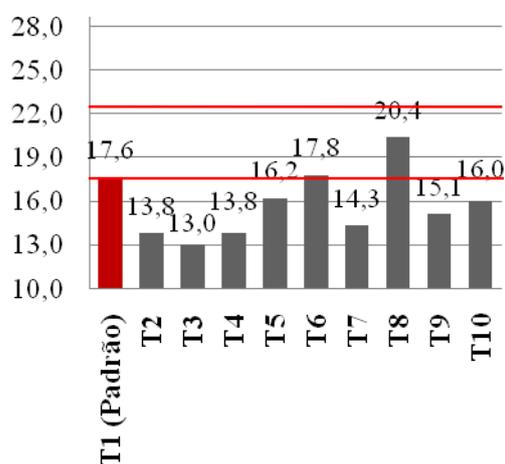


Gráfico 13. Variação dos teores foliares de K em relação aos métodos amostrais (Médio investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

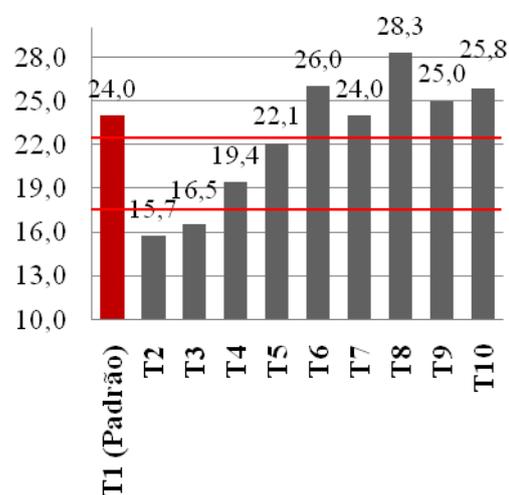


Gráfico 14. Variação dos teores foliares de K em relação aos métodos amostrais (Alto investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

Cálcio

Pela Tabela 4, pode-se observar que a metodologia proposta por Malavolta et al., 1997 (folha abaixo e oposta à espiga) apresentou teores considerados adequados ao milho em ambos os ambientes de investimento, cuja faixa de suficiência para o Ca está entre 2,5 a 4,0 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997). Os valores foram de 7,3 g kg⁻¹ no médio investimento e de 5,7 g kg⁻¹ no de alto investimento.

Dentre os métodos amostrais avaliados no médio investimento, os tratamentos T6 (folha abaixo e oposta à espiga) e T10 (terço médio, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) cujos teores foram, respectivamente, de 7,7 e 7,4 g kg⁻¹, não diferiram estatisticamente do método padrão ($p < 0,05$). No ambiente de alto investimento, os métodos T3 (quarta folha abaixo do ápice da planta), T5 (folha da espiga) e T10 (terço médio, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) foram estatisticamente iguais ($p < 0,05$) ao proposto por Malavolta et al., 1997. Os valores encontrados empregando estes tratamentos foram de 5,6, 5,9 e 5,8 g kg⁻¹, nesta ordem. Todos estes tratamentos apresentaram concentrações de Ca consideradas adequadas, em vista da faixa de suficiência do mesmo (2,5 a 4,0 g kg⁻¹).

As menores concentrações de Ca foram encontradas com os métodos T2 (folha bandeira) e T4 (30 cm da base da quarta folha abaixo do ápice), no ambiente de média fertilidade. Os valores encontrados por estes métodos foram, respectivamente, de 4,2 e 4,3 g kg⁻¹. As concentrações mais baixas deste nutriente, nas folhas mais novas, confirma a baixa mobilidade do Ca em plantas, sendo praticamente imóvel no floema e, em consequência, quando há deficiência desse elemento, as regiões de crescimento e as folhas mais novas são as primeiras a serem afetadas (FERRI, 1985). Ainda assim, neste ambiente não se relatou níveis abaixo da faixa de suficiência para o Ca (Gráfico 15), entre 2,5 a 4,0 g kg⁻¹.

No alto investimento, os tratamentos T4 (30 cm da base da quarta folha abaixo do ápice), T7 (terço basal, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) e T8 (terço basal, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) apresentaram teores inferiores aos demais, cujos valores do nutriente foram de 4,0, 3,7 e 4,0 g kg⁻¹, respectivamente. Apesar de estatisticamente serem inferiores a todos os demais tratamentos, estes métodos apresentaram teores de Ca considerados adequados ao milho, cuja faixa de suficiência é de 2,5 a 4,0 g kg⁻¹ (Malavolta et al., 1997).

Os maiores teores foram encontrados com a coleta da folha abaixo e oposta à espiga, sem a nervura (Método T6) e do terço médio, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga (Método T10), nas condições do ambiente de médio investimento. Os valores nestes tratamentos foram de 7,7 e 7,4 g kg⁻¹, respectivamente. No que diz respeito ao alto investimento, o método T6 foi o que expressou maior concentração de Ca, equivalente a 6,4 g kg⁻¹. Em ambos os ambientes, a maior parte dos tratamentos apresentaram teores de Ca superiores a faixa de suficiência para a cultura do milho (2,5 a 4,0 g kg⁻¹), conforme os gráficos 15 e 16. No médio investimento, todos os métodos exibiram concentrações maiores que o limite máximo da faixa de suficiência (4,0 g kg⁻¹), variando de 4,2 a 7,7 g kg⁻¹, para os tratamentos T2 (folha bandeira) e T6 (folha abaixo e oposta à espiga, sem nervura), respectivamente. Por outro lado, no alto investimento, apenas os métodos T4 (30 cm da base da quarta folha abaixo do ápice), T7 (terço basal, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) e T8 (terço basal, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) mantiverem seus teores dentro dos limites da faixa de suficiência para o Ca.

Analisando a Tabela 1, é possível inferir que os teores do Ca no solo encontram-se bastante elevados, independente do ambiente, variando de 5,6 mg dm⁻³ no alto investimento e 5,3 mg dm⁻³ no médio investimento. Segundo Alvarez et al., (1999), estes valores estão acima da classe “muito bom”, o que sugere a elevada disponibilidade deste nutriente na área experimental. De acordo com Sousa et al., (2010), o Ca é o quarto nutriente mais exigido pelo milho, logo após o P. Além disso, em trabalho conduzido por Borin et al., (2010), notou-se que a absorção de Ca pelas plantas ocorreu em todo o seu ciclo vegetativo e reprodutivo.

No geral, conforme observado nos gráficos 15 e 16, os teores de Ca nas plantas foram maiores no ambiente de médio investimento que no de alto investimento. Tendo em vista que a quantidade aplicada de Ca e Mg no solo foi a mesma em ambos os ambientes, acredita-se que possa ter ocorrido um possível efeito inibitório do K sob a absorção de Ca pelas raízes do milho no ambiente de alto investimento, o que justificaria os menores teores nas folhas amostradas nestas condições. O nível de K no solo era de 147 mg dm⁻³ neste ambiente, valor considerado bastante elevado segundo Alvarez et al., (1999). Em trabalho conduzido por Veloso et al., 2001, constatou-se que o aumento do teor de K no solo, resultante da aplicação de fertilizantes potássicos,

culminaram com a diminuição da concentração do Mg na parte aérea das plantas de milho. Estes resultados foram também confirmados por Fonseca & Meurer (1997).

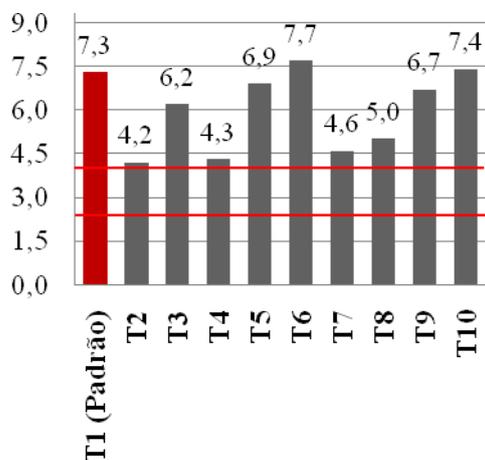


Gráfico 15. Variação dos teores foliares de Ca em relação aos métodos amostrais (Médio investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

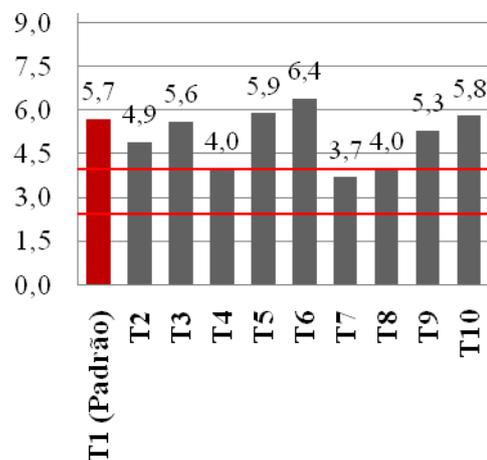


Gráfico 16. Variação dos teores foliares de Ca em relação aos métodos amostrais (Alto investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

Magnésio

O método estabelecido como padrão, isto é, referente ao proposto por Malavolta et al., 1997 (folha abaixo e oposta da espiga) apresentou teores distintos com relação aos ambientes, sendo que, no médio investimento, a concentração de Mg foi de 2,8 g kg⁻¹ e no alto investimento correspondeu a 2,2 g kg⁻¹. Ressalva-se que apenas no ambiente de média fertilidade o teor de Mg mostrou-se adequado (faixa de suficiência entre 2,5 a 4,0 g kg⁻¹), considerando o método utilizado.

A maior parte dos tratamentos realizados no ambiente de médio investimento equiparou-se, estatisticamente ($p < 0,05$), ao método padrão, sendo eles os tratamentos T5 (folha da espiga), T6 (folha baixo e oposta a espiga), T7 (terço basal, com nervura, da folha abaixo e oposta á espiga), T8 (terço basal, sem nervura, da folha abaixo e oposta á espiga), T9 (terço médio, com nervura, da folha abaixo e oposta á espiga) e T10 (terço médio, sem nervura, da folha abaixo e oposta á espiga), conforme a Tabela 4.

Em contrapartida, no alto investimento apenas o método T9 não diferiu significativamente do padrão (folha abaixo e oposta à espiga).

Os mesmos tratamentos que não diferiram significativamente em relação à metodologia de Malavolta et al., (1997) (método padrão) foram os responsáveis pelas maiores concentrações de Mg, tendo seus valores variando entre 2,6 a 2,8 g kg⁻¹, no médio investimento, sendo estes os métodos T4 (folha da espiga), T6 (folha baixo e oposta a espiga), T7 (terço basal, com nervura, da folha abaixo e oposta á espiga), T8 (terço basal, sem nervura, da folha abaixo e oposta á espiga), T9 (terço médio, com nervura, da folha abaixo e oposta á espiga) e T10 (terço médio, sem nervura, da folha abaixo e oposta á espiga). A respeito do ambiente de alto investimento, os teores observados nos métodos T6 (folha abaixo e oposta à espiga) e T10 (terço médio, sem nervura, da folha abaixo e oposta á espiga) foram maiores que todos os demais.

A coleta e análise das folhas relativamente mais novas, isto é, a folha bandeira (Método T2), a quarta abaixo do ápice da planta (Método T3) e os 30 cm a partir de sua base (Método T4), foram as responsáveis pelas menores concentrações do Mg. Em ambos os ambientes, o método T2 (1,6 g kg⁻¹) apresentou os menores teores, sendo que, também os tratamentos T3 (1,6 g kg⁻¹) e T4 (1,7 g kg⁻¹), no ambiente de alto investimento, foram inferiores aos demais. Vale lembrar que, apesar da mobilidade relativamente elevada do Mg (LIMA, 2002), os menores teores foram encontrados quando da análise das folha bandeira (Método T2) e da quarta abaixo da espiga (Métodos T3 e T4), contrariando a expectativa de concentrações mais elevadas nestes órgãos.

Em ambos os ambientes, os níveis de Mg no solo se encontravam adequados, cujos valores foram de 1,4 mg dm⁻³ no médio investimento e 1,2 mg dm⁻³ no alto investimento. Apesar disso, nenhum dos tratamentos realizados no ambiente de alto investimento apresentou teores condizentes com a faixa de suficiência para o Mg (2,5 a 4,0 g kg⁻¹). Além do mais, observando os gráficos 17 e 18, observa-se concentrações foliares de Mg maiores no ambiente de médio investimento com relação ao de maior investimento em adubação. A exemplo do Ca, a absorção de Mg tende a ser influenciada pelos teores elevados de K (147 mg dm⁻³ na camada de 0 a 20 cm no alto investimento), tendo em vista que altas concentrações deste nutriente no solo inibem competitivamente a absorção do Mg, a ponto de causar deficiência (LIMA, 2002).

Observando a Tabela 1, infere-se, que, a relação Ca/Mg, considerado um importante parâmetro para se verificar a disponibilidade de alguns nutrientes (MORAIS e CABALA, 1971), encontra-se dentro da faixa adequada para a cultura do milho, de 3:1 a 5:1 (COELHO, 2006).

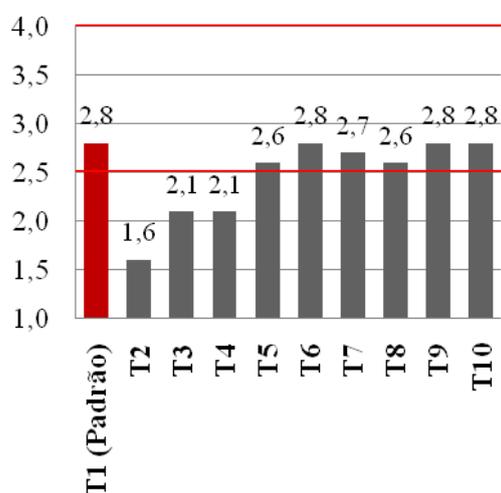


Gráfico 17. Variação dos teores foliares de Mg em relação aos métodos amostrais (Médio investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

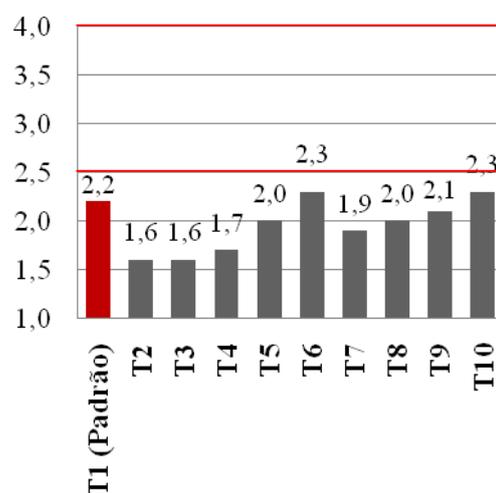


Gráfico 18. Variação dos teores foliares de Mg em relação aos métodos amostrais (Alto investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

Enxofre

Conforme a Tabela 4, o método proposto por Malavolta et al., 1997, segundo o qual se coleta a folha abaixo e oposta a espiga, apresentou teores considerados adequados, de acordo com sua faixa de suficiência para o milho (entre 1,5 a 2,0 g kg⁻¹), em ambos os ambientes. Os níveis no médio investimento foram de 2,5 g kg⁻¹ e de 2,7 g kg⁻¹ no ambiente de maior adubação.

Os métodos T3 (quarta folha abaixo do ápice), T5 (folha da espiga) e T9 (terço médio, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) não diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) da amostragem da folha abaixo e oposta à espiga (método padrão), em ambos os ambientes de adubação. No médio investimento, ainda se observou que os métodos T6

(folha abaixo e oposta à espiga, sem nervura) e T10 (terço médio, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) foram estatisticamente iguais ao tratamento padrão. Já no caso do ambiente de alto investimento os métodos T2 (folha bandeira) e T8 (terço basal, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) não diferiram, a um nível de 5% de significância, do método sugerido por Malavolta et al., 1997.

No tocante aos maiores teores, em relação ao ambiente de alto investimento, os tratamentos que foram estatisticamente iguais ao método padrão ($p < 0,05$), também foram os responsáveis pelos valores mais altos, isto é, os métodos T3 (quarta folha abaixo do ápice), T5 (folha da espiga), T6 (folha abaixo e oposta à espiga, sem nervura), T9 (terço médio, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga) e T10 (terço médio, sem nervura, da folha abaixo e oposta à espiga). Os teores neste ambiente variaram entre 2,2 a 2,7 g kg⁻¹, respectivamente. Esta situação não se repetiu no médio investimento, cujas maiores concentrações foram observadas nos métodos T6 e T10, estatisticamente diferentes do tratamento padrão. Os valores destes tratamentos foram de 3,1 e 3,0 g kg⁻¹, nesta ordem.

Com exceção dos métodos T4 (30 cm da base da quarta folha abaixo do ápice) e T7 (terço basal, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga), todos os demais exibiram concentrações de S superiores ao limite máximo da faixa de suficiência para o mesmo (2,0 g kg⁻¹), sendo que, no ambiente de médio investimento, os valores variaram entre 1,7 g kg⁻¹ (método T4) a 2,7 g kg⁻¹, referente à coleta da folha abaixo e oposta à espiga, sem nervura (Método T6). E no ambiente de alto investimento, houve variação entre 1,5 g kg⁻¹ (método T7) a 3,1 g kg⁻¹ (método T6).

Os menores teores foram observados com os métodos T7 (terço basal, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga), com concentrações de 1,7 e 1,5 g kg⁻¹, no ambiente de médio e alto investimento (respectivamente), e T3 (30 cm da base da quarta folha abaixo do ápice), apenas no ambiente de média adubação, o qual apresentou teor de 1,8 g kg⁻¹. Ainda assim estes teores encontram-se dentro da faixa de suficiência para o S (1,5 a 2,0 g kg⁻¹).

O S é transportado em maior proporção na direção da base da planta para as partes mais altas (LIMA, 2002). Sua redistribuição no sentido contrário é bastante limitada e, em função disso, em caso de carência, os sintomas aparecem em primeiro lugar nos órgãos mais novos, como a folha jovem (MALAVOLTA et al., 1997). Entretanto, no presente

trabalho não se observou esta tendência com relação à mobilidade do nutriente nos dois ambientes de adubação. Tanto os tratamentos que empregaram as folhas mais novas, quanto aqueles que utilizaram das folhas relativamente mais velhas, apresentaram teores semelhantes em ambos os ambientes, não havendo distinção clara entre os mesmos (gráficos 19 e 20).

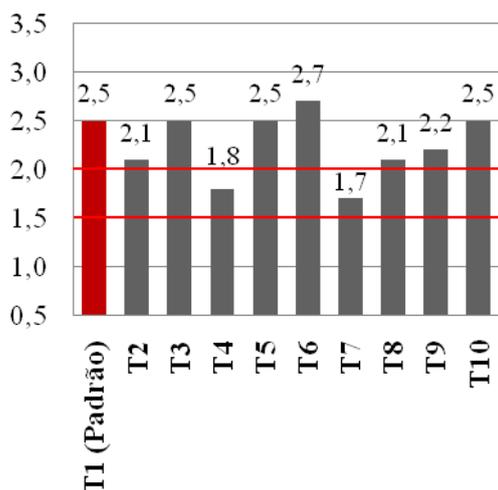


Gráfico 19. Variação dos teores foliares de S em relação aos métodos amostrais (Médio investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

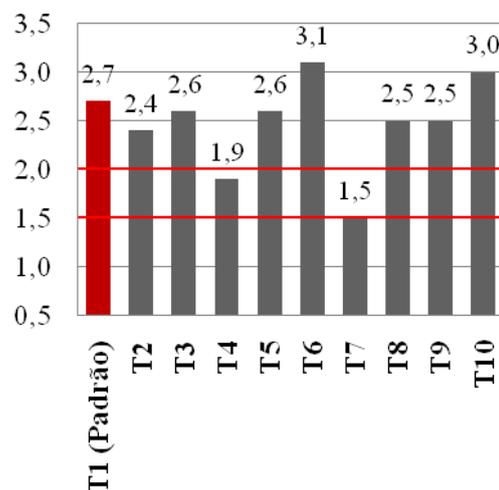


Gráfico 20. Variação dos teores foliares de S em relação aos métodos amostrais (Alto investimento).

*Retas vermelhas delimitam a faixa de suficiência

No que diz respeito às condições químicas do solo presente nas áreas experimentais, observa-se na tabela 1 que, os níveis nutricionais dos macro e micronutrientes e de outros atributos como a Capacidade de troca catiônica (CTC), Soma de bases ou mesmo a Saturação por bases encontram-se, em sua maioria, classificados como Bom ou Muito Bom (ALVAREZ et al., 1999), com exceção apenas do Cu e Fe, cujos teores foram classificados como médios. Estas constatações são válidas para ambos os níveis de investimento, o que possibilita inferir que a fertilidade deste solo esteja bem construída e que as plantas, possivelmente, terão disponíveis os nutrientes nas quantidades necessárias para um bom desenvolvimento e produtividade. Neste sentido, as elevadas produtividades alcançadas pelas cultivares em cada ambiente podem reforçar estas informações (Tabela 5).

Tabela 6. Média da produtividade de cada cultivar nos dois ambientes de produção

Cultivar	Ambiente		Média cultivar	Incremento produtividade (entre ambientes)
	Médio	Alto		
kg ha ⁻¹			kg ha ⁻¹
AG 8088 YH	12.868	15.125	13.997	2.257
DKB 390 Y PRO	12.089	13.603	12.846	1.514
P 30F53 YH	12.695	15.187	13.941	2.492
Média	11.894	14.145	13.019	2.251

Considerando que a fertilidade não seja um fator limitante, a adequação e eficiência das metodologias amostrais podem ser inferidas pela capacidade dos mesmos em demonstrar a adequação dos nutrientes às suas respectivas faixas de suficiência, ou, em condições de níveis maiores, relatar o seu excesso.

O método proposto por Malavolta et al., (1997), definido neste trabalho como padrão, apresentou teores considerados adequados para quase todos os micronutrientes, em ambos os ambientes. A única exceção foi o Mn, sendo que nenhum outro tratamento conseguiu exibir concentrações adequadas. Este comportamento foi percebido também para os tratamentos T3 (quarta folha abaixo do ápice), T5 (folha da espiga) e T6 (folha oposta e abaixo á espiga, sem nervura).

Com relação aos macronutrientes, as concentrações observadas no método de Malavolta et al., (1997) se adequaram a faixa de suficiência do N, P e K, sendo o tratamento que mais vezes conseguiu apresentar teores satisfatórios para os macronutrientes, considerando o médio e alto investimento. O método referente à coleta da folha posicionada junto à espiga (método T5) conseguiu adequar os seus teores para o N e o P. No caso do Ca, todos os tratamentos exprimiram concentrações acima da faixa de suficiência do nutriente para o milho, com exceção do método T7 (terço basal, com nervura, da folha abaixo e oposta à espiga), no alto investimento.

Caso análogo foi constatado para o S, onde a grande maioria das metodologias exibiram níveis desse nutriente acima do limite superior de sua faixa de suficiência (2,0 g kg⁻¹). Apenas os métodos T4 e T7, em ambos os ambientes, conseguiram adequar seus valores à faixa de suficiência. Há de se presumir que, tendo em vista a maior quantidade de tratamentos com teores em excesso para o S, possivelmente este se encontrava, de fato, em concentrações acima do necessário. Com relação ao Mg, o método T1, juntamente

com o T5 (folha da espiga) e todos aqueles que utilizaram a folha oposta e abaixo da espiga (T6 ao T10), apresentaram níveis desse nutriente adequados apenas no ambiente de médio investimento, já que no alto investimento não houve tratamento algum que exibisse concentrações dentro da faixa de suficiência para o mesmo (2,5 a 4,0 g kg⁻¹).

Com relação aos teores dos tratamentos comparados ao método proposto por Malavolta et al., (1997), o tratamento que menos diferiu estatisticamente do padrão foi o referente a coleta da folha da espiga (método T5). Para os micronutrientes, com exceção da concentração de Fe no alto investimento, o tratamento T5 foi estatisticamente igual ($p < 0,05$) ao método T1 para o Cu, Fe (médio investimento), Mn e Zn, nas condições de médio e alto investimento. Por outro lado, para os macronutrientes, apenas os teores observados do K e Ca no ambiente de médio investimento não se igualaram as concentrações encontradas para o método padrão. Destacam-se também os teores de micronutrientes encontrados pelo método T6 (folha baixo e oposta à espiga, sem nervura), que foram estatisticamente iguais aos observados pelo método T1, com exceção dos níveis de Cu, no alto investimento e do Mn, no médio investimento.

5. CONCLUSÃO

Observou-se considerável eficiência do método proposto Malavolta et al., (1997) com relação aos teores dos nutrientes avaliados, sobretudo entre os micronutrientes. Este método mostrou-se superior aos demais com relação a maior quantidade de concentrações consideradas adequadas encontradas em ambos os ambientes. Possivelmente, ele também foi eficiente no diagnóstico de teores excessivos nos tecidos analisados.

Os tratamentos que mais se assemelharam ao método padrão foram o T5 (folha da espiga) e em seguida o T6 (folha abaixo e oposta à espiga, sem nervura).

Com relação aos micronutrientes Cu, Fe e Zn, ainda que estatisticamente distinto do método T1, a coleta e análise da quarta folha abaixo do ápice da planta foi bastante eficiente com relação à faixa de suficiência para os mesmos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. G. de; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. DE; SARRUGE, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.) III-DIAGNOSE FOLIAR. Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor para

obtenção do grau de MESTRE pela E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP. Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 14 a 20/7/75, em Campinas, SP, Brasil.

BARBANO, M. T.; DUARTE, A. P.; BRUNINI, O.; RECO, P. C.; GUIDETTI, M. E. A.; PATERNIANI, Z.; KANTHACK, R. A. D. Temperatura-base e acúmulo térmico no subperíodo semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 261-268, 2001.

BATAGLIA, Ondino Cleante. Análise química de plantas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.) *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p. 289-308.

BORIN, Ana Luiza Dias Coelho; LANA, Regina Maria Quintão; PEREIRA, Hamilton Seron. **Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo**. *Ciênc. agrotec.* vol.34 no.spe Lavras Dec. 2010.

CAMACHO, Marcos Antônio; SILVEIRA, Murilo Vargas; CAMARGO, Ricelly Aline; NATALE, Willam. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranjeira-pera. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.46, p.193-200, 2012.

CANTARELLA, Heitor; RAIJ, Bernado Van; CARMAGO, C. E. O. Cereais. In: *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. Campinas: IAC. 1996. p. 45-47.

CARVALHO, Janice Guedes de; LOPES, Alfredo Scheid; BRASIL, E. ; REIS Ir. R. A. Diagnose da fertilidade do solo e do estado nutricional de plantas. Lavras: UFLA FAEP, 2001. 95 p.

CARVALHO, Almy Junior Cordeiro; MONNERAT, Pedro Henrique; MARTINS, Donivaldo Pedro; BERNARDO, Salassier; SILVA, José Accácio. Teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em função de adubação nitrogenada, irrigação e épocas de amostragem. *Sci. Agríc.*, v.59, n.1, p.121-127, 2002.

COELHO, Antônio Marcos. *Nutrição e Adubação do Milho*. Circular Técnica 78. ISSN 1679-1150. Sete Lagoas, MG Dezembro, 2006.

COELHO, Antônio Marcos; FRANÇA, Gonçalo Evangelista. *Seja o Doutor do Seu Milho: Nutrição e Adubação*. **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba, n.2, p 1-9, 1995.

DANTAS, José Pires; MALAVOLTA, Eurípedes. Resposta comparada do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e do milho (*Zeamays* L.) a adubação

nitrogenada, fosfatada e potássica. I. Areia quartzosa distrófica. An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz vol.40 no.2 Piracicaba 1983.

DECHEN, Antônio Roque; BATAGLIA, Ondino Cleante; SANTOS, W. R. dos. Conceitos Fundamentais da Interpretação da Análise de Plantas. In: PEREIRA, J. R.; FARIA, C. M. B. de. (eds). **Fertilizantes: Insumo Básico para Agricultura e Combate à Fome**. Petrolina: EMBRAPACPATSA/SBCS, 1995. p.87-113.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª ed. Brasília – DF. Embrapa Solos, 2013.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001.

GALLO , Romano J. COELHO , Fernando A. Soares. Diagnose foliar da nutrição nitrogenada do milho pela análise química das folhas. *Bragantia*, 1963, (2. a parte): 537-548.

GALRÃO, Enéas Zaborowsky. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo do milho num latossolo vermelho-escuro argiloso sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.229-233, 1994.

GOTT, Roney. Mendes; AQUINO, Leonardo. A. de; CARVALHO, André M. X. de; SANTOS, Luiz. P. D.; NUMES, Pedro. H. M. P.; COELHO, Bruna. S. Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. v.18, n.11, p.1110–1115, 2014.

GUISCHEM, J. M.; SANS, L. M. A.; NAKAGAWA, J.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MATEUS, G. P. Crescimento e desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays*, L.) em semeadura tardia e sua relação com graus-dia e radiação solar global. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 251-260, 2001.

HEENAN, D. P.; CAMPBELL, L. C. Soybean nitrate reductase activity influenced by manganese nutrition. *Plant Cell Physiol.*, v. 21, n. 4, p. 731-736, 1980.

KARLEN, Douglas L.; FLANNERY, R. L. SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. *Agron. J.*, 80:232-242, 1988.

KIRKBY, E. A.; ROMHELD, V. MICRONUTRIENTES NA FISILOGIA DE PLANTAS: FUNÇÕES, ABSORÇÃO E MOBILIDADE. *Informações Agrônomicas* nº 118 – Junho/2007

KILLORN, Randy; ZOURARAKIS, Demetrio. Nitrogen fertilizer management effects on corn grain yield and nitrogen uptake. **Journal of Production Agriculture**, v.5, p.142-148, 1992.

LAGATU, H. & MAUMÉ, L. Diagnostic de l'alimentation d'un vegetal par l'evolution chimique d'une feuille convenablement choisie. C.R. Acad. Sci., Fr., 1926. 182, p. 653-655.

LAGATU, H. & MAUMÉ, L., 1930. Le diagnostic foliare de lapomme de terre. Premier Mémoire. Annals Éc. Nat η. Agric. Montpellier, p. 219-281.

LANZA, F. La concimazione azotata al mais. I. Ricerche Agronomiche. Mavdica, p. 67-85, 1960.

LAVORENTI, Arquimedes; GALLO, Paulo Boller; SAWAZAKI, Eduardo; HIROCE, Rúter. Amostragem de folhas de milho para fins de diagnose de nutrição nitrogenada. *Bragantia* vol.41 no.1 Campinas 1982.

LEITE, Uberlando Tiburtino; AQUINO, Boanerges Freire de; ROCHA, Raimundo Nonato Carvalho; SILVA, Jaeveson. Níveis críticos foliares de Boro, Cobre, Manganês e Zinco em milho. *Biosc. J.*, Uberlândia, v.19-, n.2,- p. 115-125, May/Aug. 2003.

LIMA, Martinha Moura. CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO MINERAL E SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES EM PLANTAS DE CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum*). Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2002.

LONERAGAN, J. F. The availability and absorption of trace elements in soil-plant systems and their relation to movement and concentration of trace elements in plants. In: NICHOLAS, D. J. D.; EGAN, A. R. (Ed.). **Trace elements in soil-plant-animal systems**. London: Academic Press, 1975. p. 109-134.

LOPES, Alfredo Scheid. Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Potafos, 1983. p.29-33.

LUCHESE, Augusto Vaghetti; JUNIOR, Affonso Celso Gonçalves; LUCHESE, Eduardo Bernardi; BRACCINI, Maria do Carmo Lana. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. *Ciência Rural*, v.34, n.6, nov-dez, 2004.

MACY, Paul. 1936. The quantitative mineral nutrient requirements of plants. *Plant Physiol.*, p. 749-764.

- MAIA, Celso Eleutério. Época de Amostragem Foliar para Diagnóstico Nutricional em Bananeira. R. Bras. Ci. Solo, p. 859-864, 2012.
- MALAVOLTA, Eurípedes; KLIEMANN, Huberto José. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba: Potafós, 1985. p.7-66.
- MALAVOLTA, Eurípedes; VITTI, Godofredo. C; OLIVEIRA, Sebastião Alberto. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós, 1989. 201 p.
- MALAVOLTA, Eurípedes; VITTI, Godofredo Cesar; OLIVEIRA, Sebastião Alberto. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARTINEZ, Herminia Emilia Prieto; CARVALHO, Janice Guedes de; SOUZA, Ronessa Bartolomeu. Diagnose foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa; 1999. p.143-168.
- MORAIS, Francisco Ilton de Oliveira.; CABALA ROSAND, Fructuoso Percy. Efeito dos equilíbrios entre cálcio, magnésio e potássio no crescimento do cacauzeiro. Revista Theobroma, v.1, n.3, p.21-32. 1971.
- OLIVEIRA, Sebastião Alberto. Análise foliar. In: SOUSA, Djalma Martinhão Gomes; LOBATO, Edson. **Cerrado, Correção do solo e adubação**. Planaltina, DF, 2002. p. 245-255.
- PINHO, Renzo Garcia Von; BORGES, Iran Dias; PEREIRA, José Luiz de Andrade Rezende; REIS, Matheus. Costa. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.8, p.157-173, 2009.
- RESENDE, Álvaro Vilela; COSTA, Sergio Ely V. Gigante de Andrade; NETO, Antônio Eduardo Furtini. Variação nos teores foliares de nutrientes no milho em função do procedimento de amostragem. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas - Fertibio 2006, Anais... Bonito: SBCS. (CD-rom)
- RESENDE, Álvaro Vilela. Análise foliar complementa adubação do milho. Revista Campo e Negócios, fevereiro de 2014, pag. 18-23.
- SILVA, Fábio Cesar. (org.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 370 p.
- SOUZA, Djalma Martinhão Gomes de; LOBATO, Edson (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

SOUZA, Euclídes Caxambu Alexandrino; COUTINHO, Edson Luiz Mendes; NATALE, Willam; BARBOSA, José Carlos. Respostas do milho à adubação com fósforo e zinco. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 33, p. 1031 a 1036, jul. 1998.

ULRICH, Albert. 1948. Plant analysis methods and interpretation of results. IN: *Diagnostic techniques for soils and crops*. American Potash Institute, Washington.

VIETS, F.G., Jr., CROWFORD, C.L. & NELSON, C.E. The relationship among corn yield, leaf composition, and fertilizer applied. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, p.297-301, 1954.

ZUFFO, Alan Mario. ANDRADE, Fabrício Ribeiro. SCHOSSLER, Thiago Rodrigo. MILHOMEN, Diogo Machado. PIAUILINO, Adelfran Cavalcante. Eficiência na determinação indireta do nitrogênio foliar a partir do índice SPAD. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012 802.

|

