

MARCOS VIEIRA DE FARIA

**PROTEÇÃO E NUTRIÇÃO FOLIAR NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA,
ACÚMULO, EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE MACRO E
MICRONUTRIENTES EM HÍBRIDOS DE MILHO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientadora:

Prof. Dr^a. Regina Maria Quintão Lana

Coorientador:

Prof. Dr. Césio Humberto de Brito

**UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2014**

MARCOS VIEIRA DE FARIA

**PROTEÇÃO E NUTRIÇÃO FOLIAR NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA,
ACÚMULO, EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE MACRO E
MICRONUTRIENTES EM HÍBRIDOS DE MILHO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 18 de fevereiro de 2014.

Prof. Dr. Césio Humberto de Brito
(Coorientador)

UFU

Prof. Dr. Beno Wendling

UFU

Prof. Dr. Carlos Henrique Eiterer de Sousa

UNIPAM

Prof. Dr. Luis Augusto da Silva Domingues

IFTM

Prof^a. Dr^a. Regina Maria Quintão Lana
ICIAG-UFU
(Orientadora)

**UBERLÂNDIA
MINAS-GERAIS - BRASIL
2014**

Aos meus pais, Afonso e Neusa (In memorian),

A minha querida esposa Franciele;

A grande amiga e orientadora Regina

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e pela oportunidade de estar concluindo mais essa etapa.

Aos meus pais Afonso Rosa de Faria e Neusa Maria Vieira de Faria (*In memoriam*) e toda minha família, que me apoiaram em todos os momentos e contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

A minha querida esposa Franciele Vieira Gama, pelo apoio e compreensão, em todos os momentos, e pela ajuda em todas as etapas deste trabalho.

Agradeço a professora Dr^a. Regina Maria Quintão Lana, por toda orientação, pelo grande incentivo, compreensão e por toda confiança no meu trabalho.

Ao professor Dr. Césio Humberto de Brito, pela oportunidade, confiança na realização do experimento e por toda orientação.

A agrônoma Flávia Bastos Agostinho pelo brilhante trabalho e apoio nos momentos solicitados. Também ao agrônomo Wender Santos Rezende, pela colaboração na realização do trabalho.

Ao Dr. Beno Wendling, Dr. Carlos Henrique Eiterer de Sousa e Dr. Luis Augusto da Silva Domingues, pela disponibilidade e contribuição como parte da banca examinadora deste trabalho.

A professora Dr^a. Denise Garcia Santana, pela orientação nas análises estatísticas.

A Dr^a. Adriane de Andrade Silva, por toda colaboração durante o doutorado.

Aos funcionários e a equipe de pesquisa do LABAS (Laboratório de Análise de Solos, Calcário e Foliar da Universidade Federal de Uberlândia).

A Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade e pelo suporte para realização do doutorado. A CAPES, pela bolsa de estudos a qual foi imprescindível para a realização e conclusão do doutorado.

A empresa Syngenta, pelo incentivo a pesquisa e o grande suporte na realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários do curso de Pós Graduação em Agronomia,
pela oportunidade de convívio e pelos ensinamentos.

A todos os colegas da Pós Graduação em Agronomia, com quem passei bons
momentos no decorrer do curso.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a conclusão do
doutorado.

MUITO OBRIGADO.

Viver não é preencher o dia a dia

Viver

É crer nalguma coisa
É sonhar com algo de grande e belo,
É acreditar
É ter esperança de que o amanhã será melhor.

Viver

É nunca desesperar
É cada dia recomeçar
É cada dia crescer
É ser cada dia melhor
É cada momento sorrir.

Viver

É gastar a vida por uma causa.
É estar acordado para a realidade presente,
É ser homem simplesmente!

Viver

É nunca descansar
Enquanto o mundo houver ódio.
É lutar por um ideal.
É nunca nos darmos por vencidos;
É ser cada dia unicamente jovem!

Viver

É dar-nos generosamente ao mundo.
Viver, viver é Amar!
É crer em Jesus!

(Neusa Maria Vieira de Faria)

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	i
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Cultura do milho.....	03
2.2 Principais doenças.....	04
2.2 Nutrição, acúmulo, extração e exportação de nutrientes.....	06
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	08
3.1 Localização da área experimental.....	08
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	08
3.3 Instalação e condução do experimento.....	10
3.4 Colheita.....	11
3.5 Procedimentos avaliativos.....	11
3.5.1 Massa seca.....	12
3.5.2 Produtividade de grãos.....	12
3.5.3 Teores de macro e micronutrientes nas diferentes partes da planta.....	13
3.5.4 Acúmulo de nutrientes nas diferentes partes da planta.....	13
3.6 Análises estatísticas.....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4.1 Massa seca	15
4.2 Teores foliares de macronutrientes.....	21
4.3 Teores foliares de micronutrientes.....	36
4.4 Acúmulo de macronutrientes.....	45
4.5 Acúmulo de micronutrientes.....	60
4.6 Quantidade de nutrientes extraídos, exportados e reciclados.....	70
4.7 Acúmulo médio de nutrientes para produção de 1 t ha ⁻¹ de grãos de milho.	76
5 CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIAS.....	79

LISTA DE TABELAS

TABELA		Página
1	Caracterização química do solo da área experimental, em agosto de 2010.....	08
2	Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental, em agosto de 2010	08
3	Tratamentos, descrição, composição e dose utilizada nas aplicações de proteção e nutrição foliar	09
4	Massa seca (kg ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	16
5	Teores de nitrogênio em (g kg^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	21
6	Teores de fósforo em (g kg^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	25
7	Teores de potássio em (g kg^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	27
8	Teores de cálcio em (g kg^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	29
9	Teores de magnésio em (g kg^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	32
10	Teores de enxofre em (g kg^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	34
11	Teores de boro em (mg kg^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	36
12	Teores de cobre em (mg kg^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	38

13	Teores de ferro em (mg kg^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	40
14	Teores de manganês em (mg kg^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	42
15	Teores de zinco em (mg kg^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	44
16	Acúmulo de nitrogênio em (kg ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	45
17	Acúmulo de fósforo em (kg ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	49
18	Acúmulo de potássio em (kg ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	51
19	Acúmulo de cálcio em (kg ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	54
20	Acúmulo de magnésio em (kg ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	56
21	Acúmulo de enxofre em (kg ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	59
22	Acúmulo de boro em (g ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	60
23	Acúmulo de cobre em (g ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	62
24	Acúmulo de ferro em (g ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	64
25	Acúmulo de manganês em (g ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição	

	foliar.....	66
26	Acúmulo de zinco em (g ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar.....	67
27	Acúmulo médio de nutrientes reciclados, exportados e extraídos para produção média de $12.226,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de grãos de milho.....	71
28	Acúmulo médio de nutrientes para produção $1.000,00 \text{ kg ha}^{-1}$ de grãos de milho.....	76

RESUMO

FARIA, Marcos Vieira de. **Proteção e nutrição foliar na produção de massa seca, acúmulo, extração e exportação de macro e micronutrientes em híbridos de milho.** 2014. 84p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹.

O milho é uma cultura de grande destaque no Brasil e no mundo e, para incrementar a produção de massa seca, o acúmulo, extração e exportação de nutrientes, deve-se realizar a nutrição de forma equilibrada e proteger as folhas para que a mesma fique ativa até o final do ciclo e que ocorra a metabolização dos nutrientes absorvidos e distribuição dos fotoassimilados. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da proteção e nutrição foliar na produção e distribuição de massa seca, no acúmulo, extração e exportação de macro e micronutrientes na parte aérea de dois híbridos de milho. O experimento foi instalado na safra 2010/2011, em Iraí de Minas-MG. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados com oito repetições. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 2 x 2. O primeiro fator constituiu-se de dois ambientes genéticos (dois híbridos experimentais de alto potencial produtivo) e o segundo fator pelos ambientes químicos (sem proteção e nutrição foliar e com proteção e nutrição foliar). A distinção dos ambientes genéticos foi caracterizada pelo grau de resistência dos híbridos ao complexo mancha branca, sendo que o híbrido resistente apresenta resistência e o híbrido suscetível apresenta suscetibilidade. A proteção foliar da planta foi composta pela aplicação dos fungicidas à base de ditiocarbamato e mistura comercial de estrobilurina e triazol, e a nutrição foliar pela aplicação de Co, Mo e fosfato de Mn, nos estádios V₈, V_T e R₂. A proteção e nutrição foliar aumentou a produção de massa seca de todas as partes da planta: folha, colmo, folha modificada, sabugo, corpo da planta e massa seca dos grãos para o híbrido suscetível. Para o híbrido resistente, a proteção e nutrição foliar aumentou a produção de massa seca da folha, colmo, folha modificada, sabugo, corpo da planta, enquanto para a massa seca dos grãos e da planta inteira não houve diferença. Com a proteção e nutrição foliar ocorreu um aumento no acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn e Zn na planta inteira. A extração média dos nutrientes seguiu a seguinte ordem decrescente: N (252,77 kg ha⁻¹) > K (238, kg ha⁻¹) > P (52,22 kg ha⁻¹) > Ca (43,30 kg ha⁻¹) > Mg (31,10 kg ha⁻¹) > S (14,85 kg ha⁻¹) > Fe (4.643,63 g ha⁻¹) > Mn (500,74 g ha⁻¹) > Zn (490,40 g ha⁻¹) > Cu (116,42 g ha⁻¹) > B (114,70 g ha⁻¹). A exportação média dos nutrientes seguiu a seguinte ordem: N (164,79 kg ha⁻¹, 65,20%) > K (83,18 kg ha⁻¹, 34,89 %) > P (45,74 kg ha⁻¹, 87,59 %) > Ca (19,78 kg ha⁻¹, 45,68 %) > Mg (13,73 kg ha⁻¹, 44,15%) > S (7,81 kg ha⁻¹, 52,59%) > Fe (370,08 g ha⁻¹, 7,97 %) > Zn (345,56 g ha⁻¹, 70,53 %) > Mn (109,81 g ha⁻¹, 21,93 %) > Cu (54,36 g ha⁻¹, 46,69 %) > B (52,00 g ha⁻¹, 45,34%). As quantidades médias de nutrientes necessárias para produzir uma tonelada por hectare de grãos de milho foram: 20,67 kg de N; 4,27 kg de P; 19,50 kg de K; 3,54 kg de Ca; 2,54 kg de Mg; 1,21 kg de S; 9,38 g de B; 9,52 g de Cu; 379,80 g de Fe; 40,95 g de Mn e 40,10 g de Zn.

Palavras chave: *Zea mays* L., adubação, marcha de absorção, cerrado.

¹Orientadora: Dr^a. Regina Maria Quintão Lana - UFU.

¹Co-orientador : Dr. Césio Humberto de Brito - UFU.

ABSTRACT

FARIA, Marcos Vieira de. **Leaf nutrition and protection on dry matter yield, macro and micronutrient accumulation, extraction and exportation on corn hybrids.** 2014. 84p. Thesis (Doctorate in Agronomy/ Crop Science) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia¹.

Corn is a very important crop in Brazil and worldwide and, to increase dry matter production, and nutrient accumulation, extraction and exportation, a balanced nutrition and leaf protection should be done keeping them active up to the end of the crop cycle, in order to allow the processing of absorbed nutrients and photo-assimilates distribution. Thus, the purpose of this study was to evaluate the effect of leaf protection and nutrition over dry matter yield, macro and micronutrient accumulation, extraction and exportation on two corn hybrids. The experiment was installed in 2010/2011 crop season, at Iraí de Minas – MG. The experimental design utilized was a DBC with eight replications, as a 2x2 factorial. Two experimental high potential corn hybrids were used, consisting of different genetic environments and two chemical environments (with or without leaf protection and nutrition). The genetic environment distinction was characterized by the resistance to leaf white spot complex, one was resistant while the other was susceptible. Plant leaf protection consisted of spraying ditiocarbanate and a commercial mixture of triazole with strobirulin, and nutrient leaf nutrition by the application of Co, Mo and Mn phosphite, on V₈, V_T and R₂ stages. The use of leaf protection and nutrition increased dry matter in all parts of the susceptible plant: leaf, stalk, modified leaf, cob, plant body and dry kernel matter. Protection and leaf nutrition of the resistant hybrid increased dry leaf, stalk, modified leaf, cob and plant body matter, while no effect was observed for dry kernel and whole plant weight. With leaf nutrition and protection occurred an increase of N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn and Zn all over the plant. The average nutrient extraction was as followed in decreasing order, N (252,77 kg ha⁻¹) > K (238, kg ha⁻¹) > P (52,22 kg ha⁻¹) > Ca (43,30 kg ha⁻¹) > Mg (31,10 kg ha⁻¹) > S (14,85 kg ha⁻¹) > Fe (4.643,63 g ha⁻¹) > Mn (500,74 g ha⁻¹) > Zn (490,40 g ha⁻¹) > Cu (116,42 g ha⁻¹) > B (114,70 g ha⁻¹). The average nutrient exportation was as followed: N (164,79 kg ha⁻¹, 65,20%) > K (83,18 kg ha⁻¹, 34,89 %) > P (45,74 kg ha⁻¹, 87,59 %) > Ca (19,78 kg ha⁻¹, 45,68 %) > Mg (13,73 kg ha⁻¹, 44,15%) > S (7,81 kg ha⁻¹, 52,59%) > Fe (370,08 g ha⁻¹, 7,97 %) > Zn (345,56 g ha⁻¹, 70,53 %) > Mn (109,81 g ha⁻¹, 21,93 %) > Cu (54,36 g ha⁻¹, 46,69 %) > B (52,00 g ha⁻¹, 45,34%). The nutrients required for a tone of grain production were: 20,67 kg of N; 4,27 kg of P; 19,50 kg of K; 3,54 kg of Ca; 2,54 kg of Mg; 1,21 kg of S; 9,38 g of B; 9,52 g of Cu; 379,80 g of Fe; 40,95 g of Mn and 40,10 g of Zn.

Keywords: *Zea mays* L., fertilization, nutrient absorption; savannah.

¹Advisor: Dr^a. Regina Maria Quintão Lana – UFU.

¹Co-advisor: Dr. Césio Humberto de Brito - UFU.

1 INTRODUÇÃO

A população mundial é de 7,2 bilhões de pessoas em 2014 e tem a previsão de passar de 9,6 bilhões de pessoas até 2050 (BRINGEZU et al., 2014). Nesse contexto, vale ressaltar que deve-se produzir alimentos com qualidade e em quantidade suficiente para alimentar essa população, porém, de forma sustentável.

Segundo o relatório: Avaliação Global do Uso da Terra: Equilíbrio do Consumo com o Fornecimento Sustentável, do Programa das Nações Unidas para o Ambiente, Bringezu et al. (2014), a demanda por alimentos e produção de biocombustíveis seguirá aumentando até 2050, como resultado do crescimento da população e novas demandas (bioenergia, biomateriais), o aumento da renda e crescente consumo de carne e produtos lácteos. As perspectivas dos preços das culturas e produtos de origem animal serão maiores, tanto em termos reais, quanto nominais, durante a década de 2019, do que eram em 2007/2008, antes do pico dos preços.

Dessa forma, a necessidade de produzir alimentos para essa população global em crescimento levou a agricultura a ocupar 30% das terras do mundo, resultando em uma degradação e perda de biodiversidade em 23% dos solos globais (BRINGEZU et al., 2014).

Assim, em termos de segurança alimentar, o milho (*Zea mays L.*) destaca-se como um dos principais cereais cultivados e comercializados no mundo. Sua importância econômica baseia-se nas suas diversas formas de utilização, que vai desde a alimentação animal, alimentação humana até a indústria de alta tecnologia. A produção do Brasil é a terceira maior do mundo, sendo a produção da China e dos Estados Unidos a segunda e primeira, respectivamente.

A agricultura brasileira passa por um momento em que a produtividade, a eficiência e a sustentabilidade são aspectos indispensáveis para o empresário rural garantir a lucratividade. Nesse sentido, a consolidação de altas produtividades exige o estabelecimento e a implementação de programas racionais de manejo da cultura.

As doenças foliares que incidem sobre a cultura do milho podem atingir grande parte do tecido foliar, reduzindo a área foliar e, consequentemente, a fotossíntese. Para a planta de milho metabolizar os nutrientes absorvidos, suas folhas devem estar em perfeitas condições. Sendo assim, a utilização de fungicidas para proteção foliar evita a perda dessa área, evidenciando que a complementação da aplicação de fungicidas com a

nutrição foliar permite um maior equilíbrio nutricional da planta, facilitando a expressão do potencial genético da cultura.

O conhecimento do acúmulo, extração e exportação de nutrientes pela planta de milho, além da quantidade de nutrientes reciclados pela massa seca que fica no solo após a colheita dos grãos, é fator indispensável para o manejo da nutrição da cultura e das culturas em sucessão, como também da fertilidade do solo, evitando assim o seu empobrecimento e posterior degradação.

Dentro desse contexto, a pesquisa vem para contribuir com informações sobre o uso de proteção e nutrição foliar no manejo nutricional das culturas e na fertilidade do solo, garantindo a sustentabilidade do sistema produtivo.

Desse modo, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito da proteção e nutrição foliar na produção e distribuição de massa seca, no acúmulo, extração e exportação de macro e micronutrientes na parte aérea de dois híbridos de milho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do milho

Dos cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, com cerca de 81,344 milhões de toneladas de grãos produzidos, em área de aproximadamente 15,904 milhões de hectares, referente a duas safras, verão e segunda safra (safrinha), com produtividade média de 5.115 t ha⁻¹ (CONAB, 2013).

A produtividade brasileira de milho vem aumentando nas últimas décadas. Isso é o resultado da contribuição da pesquisa, com desenvolvimento de híbridos tolerantes a pragas e doenças, do manejo de plantas infestantes, fertilidade do solo e, recentemente, da utilização de fungicidas para proteção foliar e, consequentemente, redução de grãos ardidos. Além do aumento na área de segunda safra, como também a profissionalização dos produtores e assistência técnica qualificada.

A agricultura é basicamente um sistema de exploração da energia solar por meio da fotossíntese, visto que este processo é responsável pelo acúmulo de toda a matéria orgânica das plantas. Qualquer fator que interfira na eficiência deste processo interferirá no desenvolvimento da planta (LOPES et al., 2009).

De acordo com Brito et al. (2011), a perda severa de área foliar, mais de 40%, ainda que no início do enchimento dos grãos, independente da região da planta em que ocorra, pode comprometer o rendimento da lavoura, devendo, portanto, serem tomadas atitudes que evitem a ação de fatores causadores desta desfolha. Acrescenta-se a estes resultados o trabalho de Lopes et al. (2009), no qual maiores acúmulos de fitomassa total, de espigas e produção de grãos no sistema de plantio convencional são devidos ao estabelecimento mais rápido de um índice de área foliar maior.

Nesse sentido, oportuno se torna dizer que o potencial de rendimento de grãos de milho dependerá principalmente da quantidade de radiação solar incidente, da eficiência de interceptação, da conversão da radiação interceptada em fitomassa e da eficiência de partição de assimilados em estruturas de interesse econômico (ANDRADE, 1995).

Então, para que a planta de milho possa expressar o seu máximo potencial genético, é necessário garantir a integridade das folhas para a metabolização dos nutrientes absorvidos para que ocorra o incremento de massa seca e altas produtividades

nas diversas partes do corpo da planta de milho. Dessa maneira, a folha deve ser protegida contra os danos bióticos e abióticos.

São exemplos de danos bióticos os patógenos, insetos-praga, nematóides, homem, além de outros. Enquanto os danos abióticos são representados pela água, luz, temperatura, vento, nutrientes, agroquímicos, entre outros (FANCELLI, 2010).

2.2 Principais doenças

Em relação aos danos bióticos, os maiores problemas observados em campo estão relacionados à ocorrência de doenças. Dentre as doenças que atacam a cultura do milho no Brasil, merecem destaque a mancha branca (*Phaeosphaeria maydis*, *Phoma sp.* e *Pantoea ananatis*), a cercosporiose (*Cercospora zae-maydis*), a ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), a ferrugem tropical (*Physopella zae*), os enfezamentos vermelho (*Phytoplasma*) e pálido (*Spiroplasma kunkelli*), as podridões de colmo (*Colletotrichum graminicola*, *Stenocarpella macrospora*, *Stenocarpella maydis*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium graminearum*, *Macrophomina phaseolina* e *Pythium aphanidermatu*) e os grãos ardidos (*Stenocarpella macrospora*, *Stenocarpella maydis*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium subglutinans* e *Gibberella zae*) (EMBRAPA, 2012).

Além destas, nos últimos anos algumas doenças como a antracnose foliar (*Colletotrichum graminicola*) e a mancha foliar de *Diplodia* (*Stenocarpella macrospora*), consideradas de menor importância, têm ocorrido com elevada severidade em algumas regiões produtoras. A importância destas doenças é variável de ano para ano e de região para região, em função das condições climáticas, do nível de suscetibilidade das cultivares plantadas e do sistema de plantio utilizado. No entanto, algumas das doenças são de ocorrência mais generalizada nas principais regiões de plantio, como é o caso da mancha branca (EMBRAPA, 2012).

O impacto das doenças na cultura do milho vem crescendo a cada ano, especialmente pelo fato do aumento de áreas irrigadas e daquelas sob cultivo de “safrinha”, que tem levado a maior sobrevivência dos patógenos no campo. (BRACHTVOGEL, 2010).

Nos últimos anos, notadamente a partir do final de década de 90, as doenças têm se tornado uma grande preocupação por parte de técnicos e produtores envolvidos no agronegócio do milho. Relatos de perdas na produtividade devido ao ataque de

patógenos têm sido frequentes nas principais regiões produtoras do país (EMBRAPA, 2012). Essas perdas, associadas, principalmente, às doenças foliares e à incidência de podridões de grãos, têm causado ampla discussão sobre estratégias de manejo que visem ao desenvolvimento de um programa que permita controlar as doenças de forma sustentável, principalmente no que diz respeito ao controle químico e genético (BRITO et al., 2013).

Várias medidas são recomendadas para o manejo de doenças na cultura do milho, as quais levam em consideração a época de semeadura, qualidade de semente, manejo cultural, como a adoção da prática da rotação de culturas, nutrição de planta, o uso de resistência genética e o uso do controle químico (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

Para o controle da cercosporiose, o método mais eficiente é o uso de híbridos resistentes. Também podem ser utilizados fungicidas, principalmente dos grupos químicos benzimidazol, triazol e estrobilurina (PEREIRA et. al., 2005). Girotto et al. (2012), avaliando o uso de fungicidas para o controle de cercosporiose no milho, observaram que a mistura de estrobilurina e triazol mostrou-se eficaz para o controle da cercosporiose, sendo superior ao ditiocarbamato, que também apresentou eficácia em relação à testemunha.

Para o controle de mancha branca, além do uso de híbridos resistentes, Pereira et. al. (2005), cita como método de controle complementar o uso de fungicidas, principalmente dos grupos químicos estrobilurina e ditiocarbamato (PINTO, 2004; PEREIRA et al., 2005; BOMFETI et al., 2007). Rezende et al. (2012a), avaliando a eficácia de fungicidas no controle do complexo de patógenos causadores da mancha branca, observaram que o fungicida ditiocarbamato mostrou-se eficaz, sendo superior à mistura de estrobilurina e triazol, que também apresentou eficácia em relação à testemunha.

Rezende et al. (2012b), avaliando a eficácia de fungicidas na incidência de grãos ardidos na cultura do milho, obsevaram que os fungicidas ditiocarbamato e o composto de estrobilurina e triazol reduziram a incidência de grãos ardidos, principalmente quando aplicados em mistura.

Dessa forma, o impacto da doença na cultura deve-se ao fato do patógeno colonizar grande parte do tecido foliar, diminuindo a área fotossintetizante, levando à senescênci precoce e, consequentemente, à redução da produtividade de grãos (BRITO

et al., 2007). Podendo ainda, reduzir a produção de massa seca, acúmulo, extração e exportação e reciclagem de nutrientes pela planta de milho.

2.3 Nutrição, acúmulo, extração e exportação de nutrientes

Com relação aos danos abióticos, a adubação foliar têm-se destacado atualmente, em decorrência do aumento na produção dos híbridos atuais e o uso de fertilizantes concentrados, aplicados no solo em pré-semeadura, semeadura e/ou ao longo do desenvolvimento da cultura, os quais nem sempre fornecem a quantidade necessária de micronutrientes. A necessidade de alcançar elevados patamares de produtividade tem levado a uma crescente preocupação com o uso de micronutrientes na adubação. O milho tem alta sensibilidade à deficiência de zinco (Zn), média a de cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) e baixa a de boro (B) e molibdênio (Mo). As deficiências de micronutrientes podem ser supridas com a aplicação dos mesmos no solo, na parte aérea das plantas, através da adubação foliar, nas sementes e através da fertirrigação (COELHO, 2006).

Entende-se por acúmulo de nutrientes as quantidades destes na matéria seca de cada parte da planta (raiz, folha, caule, palha, sabugo e grãos) e, por absorção ou extração de nutrientes, os totais dos acúmulos de nutrientes ocorridos nas diferentes partes da planta. A quantidade do elemento retirada da área de plantio pelos produtos da colheita é denominada exportação de nutrientes, o que depende da finalidade da cultura (produção de grão, milho verde ou forragem) (MALAVOLTA et al., 1997).

As recomendações oficiais para adubação da cultura do milho consideram a textura do solo, nível de fertilidade atual, produtividade esperada e finalidade da exploração (forragem ou grãos), permitindo adequado fornecimento de nutrientes à cultura. Porém, a ocorrência de fatores, principalmente climáticos, que permitam a obtenção de níveis de produtividade de grãos e/ou forragem superiores à estimativa inicial, podem fazer com que a adubação de manutenção realizada não seja suficiente, havendo risco de ocorrer redução ou esgotamento da fertilidade do solo pela exportação de nutrientes (UENO et al., 2013).

A extração de nutrientes depende da produtividade obtida e da acumulação de nutrientes nos grãos e em outras partes da planta (VON PINHO et al., 2009). Fatores

ambientais e genótipo interferem na absorção, translocação, acúmulo e utilização de nutrientes minerais pelas plantas (FERREIRA et al., 2008).

Dessa forma, o conhecimento de como e quanto os elementos presentes nos diferentes tecidos da planta são afetados é de importância ecológica (reciclagem dos nutrientes) e econômica (influência na nutrição dos seres que se alimentam de plantas e economia dos insumos) (FERREIRA et al., 2008).

Nessa linha de análise, segundo Von Pinho (2009), o crescimento da planta de milho é função linear do tempo, já o acúmulo de massa seca (MS) segue uma curva ligeiramente sigmoide, sendo linear na maior parte do período vegetativo e tornando-se decrescente no período final, quando inicia ligeira diminuição do peso da planta, provavelmente devido à queda de folhas senescentes e lixiviação de K das folhas e dos colmos. Ainda, no geral, a absorção e acúmulo da maior parte dos nutrientes extraídos do solo seguem quantitativamente a mesma dinâmica de desenvolvimento da planta. Portanto, o conhecimento das quantidades e épocas de maior absorção dos nutrientes é fundamental para promover o fornecimento dos nutrientes em quantidades e momentos adequados, visando aumentar a eficiência de utilização dos insumos e produtividade das lavouras.

Estudos realizados na cultura do milho sobre o acúmulo de nutrientes em condições tropicais foram executados há muitos anos (Andrade et al., 1975; Vasconcellos et al., 1983; Vasconcellos et al., 1998; Duarte et al., 2003; Ritchie et al., 2003) e o melhoramento genético está disponibilizando híbridos cada vez mais produtivos. Sendo assim, novos estudos sobre o acúmulo de nutrientes e de produção de massa seca podem revelar outras quantidades de nutrientes requeridas pela cultura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido durante o ano agrícola 2010/2011 no município de Iraí de Minas – MG. A área pertence à Fazenda Antagordense cujas coordenadas geográficas são: latitude de 19°01'15"S, longitude de 47°42'48"O e altitude de 1020 m. O solo do experimento é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 1999).

Antes da implantação do experimento foram coletadas amostras de solo para a caracterização química e física do mesmo (Tabelas 1 e 2).

TABELA 1. Caracterização química do solo da área experimental, em agosto de 2010

Prof. cm	pH H ₂ O	P -- mg dm ⁻³ --	K -----	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al ³⁺ cmol _c dm ⁻³	SB	T	V --- % ---	m g kg ⁻¹	M.O.
00-20	5,5	18,2	145,0	0,0	2,3	0,7	3,6	3,37	7,0	48,4	0,0	34
20-40	5,4	4,3	92,0	0,0	1,5	0,3	3,6	2,04	5,6	36,2	0,0	-

Prof = profundidade; P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹); P disponível (extrator Mehlich⁻¹); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio (EMBRAPA, 2009). M.O. = Método Colorimétrico.

TABELA 2. Teores de micronutrientes e argila no solo da área experimental, em agosto de 2010

B	Cu	Fe ----- mg dm ⁻³ -----	Mn	Zn	Argila --- g kg ⁻¹ ---
0,92	5,8	70	2,9	8,4	411

B = (BaCl₂.2H₂O 0,0125% à quente); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L⁻¹ + TEA 0,01 mol⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ a pH 7,3). Argila: Método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado adotando-se delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com oito repetições. Os tratamentos (Tabela 3) foram distribuídos em esquema fatorial 2 x 2. O primeiro fator constituiu-se de dois ambientes genéticos (dois híbridos experimentais de alto potencial produtivo) e o segundo fator pelos ambientes químicos (sem proteção e nutrição foliar e com proteção e nutrição foliar). A distinção dos ambientes genéticos foi caracterizada pelo grau de resistência dos híbridos ao complexo mancha branca. O híbrido considerado resistente é um híbrido simples

(NB7253), ciclo precoce e apresenta resistência ao complexo mancha branca. O híbrido considerado suscetível é um híbrido simples (NB7205), ciclo precoce e apresenta suscetibilidade ao complexo mancha branca.

No estádio fenológico R4 do milho, o híbrido suscetível no tratamento sem proteção e nutrição foliar recebeu nota 7 quanto a presença do complexo mancha branca, enquanto o híbrido resistente recebeu nota 2, numa escala de 0-9, onde 0 (ausência de severidade) e 9 (100% de severidade).

TABELA 3. Tratamentos, descrição, composição e dose utilizada nas aplicações de proteção e nutrição foliar

Tratamentos		Descrição	Composição	Dose
Nº	Híbrido	Ambientes químicos		
1	Resistente	Sem Proteção + Nutrição Foliar	Sem aplicações	-
2	Suscetível	Sem Proteção + Nutrição Foliar	Sem aplicações	-
3	Resistente	Com Proteção + Nutrição Foliar	Fungicida 1 Ditiocarbamato (750 g kg ⁻¹) Fungicida 2 Azoxistrobina (200 g L ⁻¹) + Ciproconazol (80 g L ⁻¹) + 0,5% Nimbus Fósforo e Manganês H ₃ PO ₄ (30%), Mn (9%) densidade = 1,45g mL ⁻¹ Cobalto e Molibdênio Co (1,5%), Mo (1,8%) densidade = 1,61 g mL ⁻¹	2 kg ha ⁻¹ 0,3 L ha ⁻¹ + 0,5% Nimbus 2 L ha ⁻¹ 150 mL ha ⁻¹
4	Suscetível	Com Proteção + Nutrição Foliar	Fungicida 1 Ditiocarbamato (750 g kg ⁻¹) Fungicida 2 Azoxistrobina (200 g L ⁻¹) + Ciproconazol (80 g L ⁻¹) + 0,5% Nimbus Fósforo e Manganês H ₃ PO ₄ (30%), Mn (9%) densidade = 1,45g mL ⁻¹ Cobalto e Molibdênio Co (1,5%), Mo (1,8%) densidade = 1,61 g mL ⁻¹	2 kg ha ⁻¹ 0,3 L ha ⁻¹ + 0,5% Nimbus 2 L ha ⁻¹ 150 mL ha ⁻¹

As aplicações dos tratamentos (fungicidas + nutrientes) foram realizadas três vezes durante o ciclo da cultura, sendo a primeira aplicação no estádio V₈ e as demais a cada 21 dias.

O pulverizador utilizado na aplicação dos tratamentos foi o costal motorizado, modelo F-768 Kawashima, com tanque de 25 L, numa pressão de trabalho de 20 lb pol⁻² e vazão de 150 L ha⁻¹. Este pulverizador é equipado com uma barra transversal em “T” com seis bicos de aplicação e tubulações com ¼ de polegada de espessura, sendo utilizadas pontas do tipo Leque plano – Teejet 11002. Todas as pulverizações foram realizadas em condições ambientais adequadas para se obter ótima qualidade de aplicação.

Cada parcela foi composta por seis linhas de 5,2 m, espaçadas de 0,6 m entre linhas, sendo que para efeito avaliativo foram consideradas apenas as 4 linhas centrais da parcela, o que totaliza 12,48 m² de área útil.

3.3 Instalação e condução do experimento

A dessecação da área experimental foi realizada, cerca de 30 dias antes da semeadura, por meio da utilização de herbicidas à base de glifosato (620 g L⁻¹), na dose 3 L ha⁻¹ e 2,4-D (806 g L⁻¹), na dose 0,25 L ha⁻¹.

Na primeira quinzena de novembro de 2010, foi realizada a semeadura do experimento em sistema de plantio direto, utilizando-se uma semeadora a vácuo adaptada para ensaios (Semeato PAR1800).

A adubação de semeadura foi realizada com 750 kg ha⁻¹ do formulado NPK 08-20-20, que corresponde a 60 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 150 kg ha⁻¹ de K₂O e a adubação de cobertura foi parcelada em duas vezes, no estádio V₃, com 325 kg ha⁻¹ do formulado NPK 36-00-12 e no estádio V₆, também, com 325 kg ha⁻¹ do formulado NPK 36-00-12, que corresponde a um total de 234 kg ha⁻¹ de N e 78 kg ha⁻¹ de K₂O, o qual foi incorporado ao solo, na entrelinha de semeadura, de forma mecânica.

Para o controle de plantas infestantes em pré-emergência, foram utilizados 4 L ha⁻¹ do herbicida à base de atrazina (370 g L⁻¹) + S-metolachlor (290 g L⁻¹) e, para o controle em pós-emergência (estádio V₆ do milho), foram aplicados 3 L ha⁻¹ do herbicida à base de atrazina (400 g L⁻¹) e 0,75 L ha⁻¹ do herbicida à base de nicosulfuron (40 g L⁻¹).

Para o controle de insetos, foram aplicados os inseticidas à base de clorpirimifós (100 g kg^{-1}) na dose de 1 L ha^{-1} , espinosade (480 g L^{-1}) na dose de $0,1 \text{ L ha}^{-1}$ e/ou lufenuron (50 g L^{-1}), na dose de $0,3 \text{ L ha}^{-1}$, sendo as aplicações realizadas conforme a manifestação da infestação.

De modo geral, os tratos culturais do experimento foram realizados de forma a permitir que os híbridos expressassem seu máximo potencial produtivo, sendo a população final de 80.000 plantas por hectare.

3.4 Colheita

A colheita foi realizada na área útil da parcela, após a maturidade fisiológica, quando os grãos apresentaram 20% de umidade.

Em primeiro lugar, a colheita das parcelas experimentais foi realizada manualmente, coletando-se quatro plantas por parcela, inicialmente as espigas e depois o corpo das plantas que constituíam a unidade amostral. As espigas e os corpos dessas plantas foram identificados, ensacados e pesados separadamente e em seguida foram encaminhados para o laboratório da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia- MG, onde permaneceram armazenados até secagem a peso constante, para as diversas avaliações realizadas.

Em seguida, realizou-se a colheita mecânica das demais plantas da área útil da parcela para avaliação da produtividade, sendo que o peso das quatro espigas colhidas manualmente foi acrescentado no peso das parcelas.

3.5 Procedimentos avaliativos

Os procedimentos avaliativos foram realizados após a colheita do milho e se basearam na quantificação e distribuição da massa seca da planta, determinação da produtividade dos híbridos, análise de macro e micronutrientes e acúmulo de nutrientes nas diferentes partes das plantas (folhas, colmos, folhas modificadas da espiga, sabugos e grãos).

3.5.1 Massa seca

No laboratório da Universidade Federal de Uberlândia, as espigas dos híbridos foram debulhadas e seus grãos e sabugos pesados, de forma a se obter os dois primeiros dados de massa seca: (1) massa seca dos grãos e (2) massa seca dos sabugos.

Para a quantificação da massa seca dos demais órgãos da parte aérea da planta foi necessário o desmembramento da mesma, sendo este realizado manualmente para cada amostra. Após esse desmembramento, pesou-se cada parte da planta para obtenção de mais três dados de massa seca: (3) das folhas, (4) dos colmos e (5) das folhas modificadas da espiga (“palha” da espiga). Portanto, foram determinados os pesos de massa seca de cinco partes da planta, sendo os estilos-estigma pesados juntamente com as folhas modificadas e o pendão juntamente com os colmos.

Para interpretação dos dados, foi considerado como (6) corpo da planta o somatório das folhas, colmos, folhas modificadas da espiga e sabugos, já que esses órgãos compõem a massa seca que fica no campo para a próxima cultura. E também, foi considerado como (7) planta inteira o somatório do corpo da planta mais os grãos, visto que assim, pode se obter a massa total da planta.

Os dados obtidos foram extrapolados para hectare de forma a se obter kg de massa seca ha⁻¹.

3.5.2 Produtividade de grãos

A produtividade dos híbridos foi determinada por meio da pesagem da amostra de seus grãos (colheita manual + colheita mecânica) e consequente extração desses pesos para um hectare, de forma a se ter a produtividade em kg ha⁻¹. Após essa extração, os dados foram corrigidos para a umidade de 13%, por meio da fórmula a seguir (BRASIL, 2009):

$$P_c = P_i \frac{(100 - U_i)}{(100 - U_f)}$$

Onde:

Pc = produtividade com a umidade corrigida

Pi = produtividade inicial

Ui = umidade inicial

Uf = umidade final (neste caso, 13%)

3.5.3 Teores de macro e micronutrientes nas diferentes partes da planta

Após a determinação da massa seca as amostras (folhas, colmos, folhas modificadas da espiga, sabugos e grãos), foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solo (LABAS) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), as quais foram moídas em moinho tipo Willey (peneira de 2 mm).

Em seguida, essas amostras foram homogeneizadas e submetidas à digestão nitroperclórica para determinação dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), Cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn). Já para a determinação do nitrogênio total, foi utilizado o método Kjedahl, enquanto para o boro (B) foi utilizado o método colorimétrico Azomentina-H. Todas as análises foram realizadas seguindo metodologia proposta pela EMBRAPA (2009).

Para interpretação dos dados, o teor de nutrientes no corpo da planta e na planta inteira foi realizado da seguinte forma:

Teor de macronutrientes (g kg^{-1}) = acúmulo do nutriente (kg ha^{-1}) / massa seca (kg ha^{-1}) x 1000.

Teor de micronutrientes (mg kg^{-1}) = acúmulo do nutriente (kg ha^{-1}) / massa seca (kg ha^{-1}) x 1000.

3.5.4 Acúmulo de nutrientes nas diferentes partes da planta

Após a determinação da massa seca e o teor de nutrientes nas diferentes partes da planta de milho (folhas, colmos, folhas modificadas da espiga, sabugos e grãos), foi realizado o acúmulo de nutrientes da seguinte forma:

Acúmulo de macronutrientes (kg ha^{-1}) = massa seca (kg ha^{-1}) x teor do nutriente (g kg^{-1})/1000.

Acúmulo de micronutrientes (g ha^{-1}) = massa seca (kg ha^{-1}) x teor do nutriente (mg kg^{-1})/1000.

Para interpretação dos dados, foi considerado como corpo da planta o somatório das folhas, colmos, folhas modificadas da espiga e sabugos. Já para a planta inteira, foi considerado o somatório do corpo da planta mais os grãos.

3.6 Análises estatísticas

Os resultados constaram de análise de variância, utilizando fatorial 2 (ambientes genéticos) x 2 (ambientes químicos), com oito repetições, em delineamento de blocos casualizados (DBC).

Inicialmente, realizaram-se os testes de pressuposições do modelo: homogeneidade das variâncias (teste de Levene, a 0,01 de significância), normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk, a 0,01 de significância) e aditividade (teste de Tukey para não-aditividade, a 0,01 de significância), utilizando o software SPSS 16.0.

Em seguida, realizou-se o teste de Tukey, a 0,05 de significância, por meio do software Sisvar versão 4.0, desenvolvido por Ferreira (2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Massa seca

Os resultados da tabela 4 demonstram a importância da proteção e nutrição foliar no acúmulo de massa seca nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho.

A utilização da proteção e nutrição foliar incrementou a produção de massa seca da folha, colmo, folha modificada, sabugo e, consequentemente, do corpo da planta (Tabela 4). A taxa de incremento foi de 311,64 kg ha⁻¹ (9,41%) nas folhas, 422,36 kg ha⁻¹ (12,61%) no colmo, 201,69 kg ha⁻¹ (11,35%) na folha modificada, 360,31 kg ha⁻¹ (21,47%) no sabugo e, consequentemente, 1296,00 kg ha⁻¹ (12,81%) no corpo da planta. Vasconcellos et al. (1998) encontraram valores de massa seca nas folha entre 31-39 g planta⁻¹, no colmo entre 106-118 g planta⁻¹, no pendão entre 3-4 g planta⁻¹ e nas brácteas + sabugo de 220-250 g planta⁻¹.

Este incremento é de grande importância no ciclo produtivo, bem como, no manejo e conservação do solo, pois, após a colheita dos grãos, todo corpo da planta permanece no campo e o incremento de massa seca promove a proteção do solo, diminuindo a erosão, evaporação da água, aumentando o teor de água disponível, favorecendo a microbiota do solo, a reciclagem e a difusão dos nutrientes, principalmente os imóveis (P e Zn). Com maior difusão, há maior absorção do P, maior crescimento radicular e, consequentemente, maior reciclagem dos nutrientes. A maior reciclagem dos nutrientes além de aumentar a produção, promove a manutenção do sistema plantio direto e reduz o impacto ambiental, garantindo uma produção de forma sustentável.

A prática de incorporação dos restos culturais pode representar a restituição de, aproximadamente, 42% do nitrogênio, 45% do fósforo e 81% do potássio pela cultura do milho (MUZILLI; OLIVEIRA, 1982). Essa restituição depende da taxa de mineralização, que da matéria orgânica chega a ser cinco vezes maior na região do Cerrado que em regiões de clima temperado (SANCHES; LOGAN, 1992).

A persistência dos resíduos durante as épocas críticas do ano no Cerrado, como a estação seca, depois das primeiras chuvas e durante o início do desenvolvimento da cultura comercial, atenuará a radiação solar direta e a ação de agentes erosivos, como o impacto das gotas de chuva, comuns nesses períodos (SODRÉ FILHO et. al., 2004).

TABELA 4. Massa seca (kg ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	3505,00	3774,00	3639,50 a	3355,00	3734,00	3554,50 a
Susceptível	3115,71	3470,00	3292,86 b	3342,85	3808,57	3575,71 a
Média	3310,36 B	3622,00 A		3348,93 B	3771,29 A	
CV (%) = 9,20; W = 0,96 ; F _{Levene} = 2,17 ; F _{não aditividade} = 10,42			CV (%) = 8,57; W = 0,95 ; F _{Levene} = 2,12 ; F _{não aditividade} = 3,28			
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	1888,33	2026,00	1957,17 a	1600,00	1798,00	1699,00b
Susceptível	1664,29	1930,00	1797,14 b	1755,71	2278,33	2017,02a
Média	1776,31 B	1978,00 A		1677,86 B	2038,17 A	
CV (%) = 11,53; W = 0,98 ; F _{Levene} = 2,58 ; F _{não aditividade} = 14,62			CV (%) = 16,58; W = 0,88; F _{Levene} = 1,67 ; F _{não aditividade} = 4,50			
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	10348,33	11332,00	10840,16 a	12160,00 aA	12306,00 bA	12233,00
Susceptível	9878,58	11486,90	10682,74 a	10722,86 bB	13717,14 aA	12220,00
Média	10113,45B	11409,45A		11441,43	13011,58	
CV (%) = 9,16; W = 0,96 ; F _{Levene} = 3,27 ; F _{não aditividade} = 5,48			CV (%) = 10,16 ;W = 0,95 ; F _{Levene} = 2,56 ; F _{não aditividade} = 5,96			
Híbrido ¹	Planta Inteira					
	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	22508,33 aA	23638,00 aA	23073,17			
Susceptível	20601,43 aB	25204,05 aA	22902,74			
Média	21554,88	24421,02				
CV (%) = 9,53; W = 0,95 ; F _{Levene} = 2,94 ; F _{não aditividade} = 6,85						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey ($F_{não-aditividade}$), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Para a massa seca dos grãos, houve interação entre híbridos, proteção e nutrição foliar (Tabela 4). A produtividade (massa seca dos grãos) do híbrido com maior nível de resistência à doenças foliares não foi incrementada com a proteção e nutrição foliar. É fato que a proteção e nutrição foliar promoveram um aumento conjunto em todos os órgãos da planta, evidenciando a eficácia do tratamento foliar no prolongamento da realização fotossintética. Porém, o custo energético com a resistência do híbrido faz com que a planta não consiga translocar fotoassimilados suficientes para incrementar a produtividade de grãos, sendo esses acumulados nos outros órgãos da parte aérea da planta.

Ao contrário, o híbrido com menor nível de resistência à doenças foliares, apresentou um incremento de $2.994,28 \text{ kg ha}^{-1}$ (27,92%), ou seja, 49,9 sacas ha^{-1} (Tabela 4). Morais (2012), estudando quatro híbridos de milho, em ensaios sem proteção (baixa tecnologia - ausência da aplicação de fungicida), com proteção (alta tecnologia - presença da aplicação de fungicida) e doses de nitrogênio (0,50, 100, 150, 200, 250 e 300 kg ha^{-1}), demonstra a importância da proteção foliar no aproveitamento do fertilizante nitrogenado. Notou-se que, quando foram utilizadas as aplicações de fungicidas, os híbridos foram capazes de utilizar melhor a adubação nitrogenada, com aumento médio na produtividade do milho de 14 a 17%, correspondente a 1.200 a 1.500 kg ha^{-1} . Assim, independente da dose de N utilizada, a proteção foliar e os efeitos fisiológicos causados pelo fungicida influenciaram positivamente na eficiência no uso da adubação nitrogenada pelas plantas de milho, afetando o rendimento dos híbridos avaliados. Dessa forma, esse melhor aproveitamento do N pelo milho pode reduzir os custos de produção da lavoura, evitar a degradação dos recursos ambientais e aumentar a produtividade da cultura.

Quando se analisou o ambiente genético, ficou evidente a diferença entre os híbridos, em que sem proteção e nutrição foliar o híbrido mais resistente apresentou produtividade superior $1.437,14 \text{ kg ha}^{-1}$ (13,40%), ou seja, 24,0 sacas ha^{-1} . Já com a proteção e nutrição foliar, foi o híbrido suscetível que apresentou produtividade superior $1.411,14 \text{ kg ha}^{-1}$ (11,46%), ou seja, 23,52 sacas ha^{-1} (Tabela 4). Esse resultado mostrou que a proteção do aparato fotossintético, ou seja, as folhas, permite a expressão do potencial produtivo de materiais selecionados pelo melhoramento genético disponíveis no mercado atual e que tenham alguma deficiência que possa se expressar de forma negativa em certas condições (ALVIM et. al., 2010).

Iamamoto (2008) encontrou aumentos de até 37,97 sacas ha⁻¹ de milho, ou 26,34% com duas aplicações de diferentes fungicidas em relação à testemunha. Alvim et. al. (2010), avaliando a produtividade de um híbrido de milho de alto potencial genético, porém suscetível, observaram que, na ausência de proteção foliar, a produtividade é de 6.399,50 kg ha⁻¹, no entanto, com a proteção foliar (4 aplicações de fungicida), é observada uma produtividade de 12.455,21 kg ha⁻¹, ou seja, um incremento de 94,63%.

Os resultados de incremento em produtividade corroboram com os obtidos por Ramos (2011) que observou maior nível de resposta ao controle químico quanto mais suscetível foi o híbrido de milho. A maior produtividade, nesse caso, deveu-se ao fato da planta com maior suscetibilidade não possuir gasto excessivo de energia com a defesa da planta, podendo assim investir no acúmulo de peso nos grãos, já que o desvio de carboidratos da via metabólica principal de formação de grãos e crescimento vegetativo para a via metabólica secundária de defesa da planta ocorre de forma mais pronunciada na presença do indutor (RAMOS, 2011; SALGADO, 2004). No entanto, vale ressaltar que, além do controle químico, a adubação foliar também possui importância para o incremento da produtividade do milho, sendo essa prática de suplementação nutricional de micronutrientes economicamente viável.

Alvim (2011), avaliando 8 híbridos de milho através da aplicação de fungicida e diferentes produtos para nutrição foliar (de forma isolados e combinados), observou, em experimento em Iraí de Minas - MG, que a utilização somente de fungicida apresentou uma produtividade de 7.826,21 kg ha⁻¹, ou seja, estatisticamente igual à testemunha (7.219,04 kg ha⁻¹). De forma semelhante, para a utilização somente da nutrição foliar (H₃PO₄ - 30%, Mn - 9%) com produtividade de 7.153,13 kg ha⁻¹, e 7.281,75kg ha⁻¹ quando a nutrição foi com (Co - 1,5%, Mo - 1,8%). Enquanto, com a combinação de fungicida + nutrição foliar (H₃PO₄ - 30%, Mn - 9%), a produtividade foi 14,29% superior à testemunha, e quando a combinação do fungicida + (Co-1,5%, Mo-1,8%), a produtividade foi 14,38% superior à testemunha. Porém, ambas não apresentam diferença significativa em relação à aplicação de fungicida de forma isolada. Esses resultados mostram a importância da combinação da proteção + nutrição foliar no aumento de produtividade da cultura do milho.

Sakamoto et al. (2013), avaliando o efeito sinérgico de aplicações de fosfato de manganês, manganês e cobre, em diferentes estádios fenológicos da cultura do milho, no aumento da eficácia de fungicida, quanto ao aumento de produtividade, obsevaram

que o uso de fosfato de manganês em mistura com fungicida, em duas aplicações (V8 e Vt), contribui para o aumento da eficácia do fungicida, para a redução da severidade de doenças e aumento da área foliar, além de proporcionar ganhos de produtividade.

Para a massa seca da planta inteira, houve interação entre híbridos e proteção e nutrição foliar. A massa seca da planta inteira do híbrido suscetível apresentou um aumento de 4.602,62 kg ha⁻¹ (22,34%), quando foram utilizadas a proteção e nutrição foliar. Em contrapartida, o híbrido resistente não apresentou aumento na produção de massa seca da planta inteira, assim como os híbridos de milho não apresentaram diferença quanto à massa seca da planta inteira (Tabela 4).

Ferreira (2009), avaliando a porcentagem da massa dos grãos e da massa total em 10 genótipos de milho representado por cinco níveis tecnológicos, observou que estes foram os índices que melhor representaram o incremento genético, com valores de 22-78 %; 20-80 %; 19-81 %; 13-87 % e 3-97% para a safra 2005/2006 e 51-49 %; 46-54 %; 44-56 %; 38-62 % e 30-70 % para a safra 2006/2007, respectivamente, para híbrido simples, híbrido duplo, híbrido triplo, variedades melhoradas e variedades regionais, com produtividades entre 221 e 3.204 kg ha⁻¹ na variedade regional e no híbrido triplo na safra 2005/2006, cujas influências climáticas foram extremamente determinantes para o baixo potencial produtivo. Já na safra 2006/2007, o menor e o maior índice produtivo foram 4.583 e 10.208 kg ha⁻¹, referentes novamente à variedade regional e ao híbrido triplo.

O acúmulo médio de massa seca nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho com e sem nutrição e proteção foliar segue a seguinte ordem decrescente: grãos 12.262,5 kg ha⁻¹ (53,18%) > colmo 3.565,10 kg ha⁻¹ (15,50%) > folha 3.466,18 kg ha⁻¹ (15,07%) > folha modificada 1.877,16 kg ha⁻¹ (8,16%) > sabugo 1.858,02 kg ha⁻¹ (8,08%), ou seja, a planta inteira tem uma acumulação de 22.987,95 kg ha⁻¹ de massa seca, sendo que, deste total, 12.262,5 kg ha⁻¹ (53,18%) é exportado pelos grãos e 10.761,45 kg ha⁻¹ (46,82%) forma o corpo da planta fica no campo (Tabela 4).

De acordo com Ferreira (2009), o valor percentual em relação produção total de massa seca (folhas, colmo, brácteas, pendão, sabugo e grãos) indica que a distribuição percentual média seguiu a seguinte ordem: grãos (41 %) > colmos (25 %) > folhas (17 %) > brácteas (9 %) = sabugos (8 %) > pendão (0,5%), sob condições normais de chuva. Todavia, cultivares regionais destoam da média, tendo mais colmo que grãos e mais brácteas do que sabugo. Para o ano seco, a distribuição percentual media seguiu a

seguinte ordem: colmos (40 %) > folhas (27 %) > grãos (15 %) > brácteas (11 %) = sabugos (6 %) > pendão (0,8%).

Os dados que melhor representam o melhoramento no milho são % de matéria seca na parte do resíduo ou grãos. Observa-se que os híbridos simples chegaram a 50 % da capacidade de alocação de matéria seca nos grãos, mantendo pouco alterada a capacidade de produzir matéria seca, mas mudanças significativas ocorreram em transferir para os grãos (FERREIRA, 2009). O incremento genético visa ampliar o rendimento dos grãos, de maneira direta ou quando melhora as condições de desenvolvimento da planta como resistência a doenças. Essas condições são melhores visualizadas principalmente quando as condições ambientais são favoráveis à expressão do máximo potencial dos híbridos (FERREIRA, 2009).

A produção de grãos e massa seca determinadas em outros trabalhos foram de 6,2 t ha⁻¹ e 16,3 t ha⁻¹, respectivamente, de acordo com Andrade et al., (1975); 5,1 t ha⁻¹ e 9,9-14,3 t ha⁻¹, respectivamente, Vasconcelos et al., (1983); 4,9 t ha⁻¹ e 13,5 t ha⁻¹, respectivamente, Hiroce et al., (1989); 7,7 t ha⁻¹ e 16,2 t ha⁻¹, respectivamente, Duarte et al., (2003) e 13,5-14,6 t ha⁻¹ e 32,9 e 29,6 t ha⁻¹, respectivamente, Von Pinho et al. (2009), onde é observada uma grande variação tanto na produção de grão como na produção de massa seca.

Segundo França et al. (2011), aos 99 DAE, estádio de grão dentado, a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) e de grãos foi de 8.725 e 1.425 kg ha⁻¹ e de 39.710 e 8.507 kg ha⁻¹, com 27 e 190 kg ha⁻¹ de N disponível, respectivamente. Nesta mesma região, França et al. (1999) alcançaram produções de 28.662 kg ha⁻¹ de MSPA, no estádio de grãos completamente dentados, porém com aplicação de 140 kg ha⁻¹ de N mineral. Bergonci et al. (2001), entre os anos agrícolas de 1993/94 a 1996/97, obtiveram produção de massa seca da parte aérea de milho irrigado, mínina de 22.201 kg ha⁻¹ e máxima de 27.838 kg ha⁻¹.

Enquanto, Carvalho et al. (2011) determinaram que a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) e de grãos do milho foi de 15.899,5 e 5.881,25 kg ha⁻¹ e de 18.045,67 e 9.114,06 kg ha⁻¹ com 40 e 160 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

4.2 Teores foliares de macronutrientes

A avaliação dos teores de nitrogênio (g kg^{-1}) em diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar, é apresentada na tabela 5.

TABELA 5. Teores de nitrogênio (g kg^{-1}) em diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	13,31	12,52	12,92 b	5,94	6,84	6,39 a
Suscetível	14,10	13,64	13,87 a	5,05	5,35	5,20 b
Média	13,71 A	13,08 B		5,49 B	6,10 A	
CV (%) = 5,11; W = 0,94 ; F _{Levene} = 1,83 ; F _{não aditividade} = 0,58			CV (%) = 7,26; W = 0,98 ; F _{Levene} = 0,30 ; F _{não aditividade} = 1,76			
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	6,84	6,54	6,69 a	5,28	5,8	5,54 a
Suscetível	5,56	5,54	5,55 b	4,74	4,86	4,80 b
Média	6,20 A	6,04 A		5,01 A	5,33 A	
CV (%) = 13,85; W = 0,99 ; F _{Levene} = 4,39 ; F _{não aditividade} = 0,41			CV (%) = 18,16; DMS = 0,69 W = 0,97 ; F _{Levene} = 0,82 ; F _{não aditividade} = 1,60			
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	8,5	8,51	8,50 a	13,81	14,06	13,94 a
Suscetível	7,94	7,77	7,85 b	13,11	12,91	13,01 b
Média	8,22 A	8,14 A		13,46 A	13,49 A	
CV (%) = 4,89; W = 0,94 ; F _{Levene} = 0,48 ; F _{não aditividade} = 2,71			CV (%) = 4,03; W = 0,98 ; F _{Levene} = 2,62 ; F _{não aditividade} = 0,01			
Híbrido ¹	Planta Inteira					
	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	11,37	11,40	11,38 a			
Suscetível	10,63	10,57	10,60 b			
Média	11,00 A	10,98 A				
CV (%) = 3,24; W = 0,98 ; F _{Levene} = 1,5 ; F _{não aditividade} = 0,01						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey (F_{não aditividade}), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

A análise de tecidos de plantas permite determinar os teores de nutrientes na planta e representa o estado nutricional em um determinado momento. Com essa

ferramenta de análise, é possível tomar decisões quanto ao manejo nutricional da cultura, quando a análise é realizada no momento em que se possa corrigir possíveis deficiências nutricionais. Nesse trabalho, a análise foliar foi feita na época de colheita dos grãos de milho e os resultados aqui apresentados servem como base de referência quanto aos teores de nutrientes no momento da colheita dos grãos. Também, é mais uma ferramenta, que juntamente com a massa seca da planta (MS), permite calcular o acúmulo, extração, exportação e reciclagem de nutrientes realizados pela cultura do milho e o manejo de nutrientes no sistema de produção.

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 5), pode-se observar que a proteção e nutrição foliar provocaram redução nos teores de nitrogênio (N) na folha de $0,63 \text{ g kg}^{-1}$ ou 4,82%, ao contrário do colmo que apresentou um aumento de $0,61 \text{ g kg}^{-1}$ ou 11,11%. Essa redução do teor de N na folha pode ser resultado do efeito de diluição do nutriente, devido a maior produção de massa seca com a proteção e nutrição foliar. Nas demais partes da planta (folha modificada, sabugo e grãos e, também, no corpo da planta e na planta inteira) não foi observada diferença entre a ausência e presença da proteção e nutrição foliar.

A disponibilidade de nutrientes no solo é uma das principais causas das variações da concentração de nutrientes e capacidade de absorção pelas plantas, seguido de alterações climáticas durante o período de desenvolvimento da cultura e o nível tecnológico. Também, as variações encontradas no estado nutricional de plantas podem estar associadas à grande diversidade genética presente nos genótipos atualmente comercializados, assim como as frações da planta que também influenciam nesta extração (FERREIRA, 2009).

Para o ambiente genético (Tabela 5), observa-se diferença, e que o híbrido resistente apresentou maiores teores de nitrogênio em todas as partes da planta: $1,19 \text{ g kg}^{-1}$ (22,88%) no colmo, $1,14 \text{ g kg}^{-1}$ (20,54%) na folha modificada, $0,74 \text{ g kg}^{-1}$ (15,42%) no sabugo, e inclusive, $0,65 \text{ g kg}^{-1}$ (8,28%) no corpo da planta e $0,78 \text{ g kg}^{-1}$ (7,36%) na planta inteira, com exceção da folha em que o híbrido suscetível apresentou um aumento no teor de N de $0,96 \text{ g kg}^{-1}$ (7,43%). FERREIRA (2009), em dois anos de avaliação, constatou que as concentrações de nutrientes em cultivares de milho variam conforme o nível tecnológico da cultivar.

Os teores médios de N nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar, seguem a seguinte ordem: grãos $13,48 \text{ g kg}^{-1} >$

folha 13,40 g kg⁻¹ > folha modificada 6,12 g kg⁻¹ > colmo 5,80 g kg⁻¹ > sabugo 5,27 g kg⁻¹ (Tabela 5).

A determinação realizada por Ferreira (2009), em dois anos de avaliação, constatou que as concentrações de nitrogênio nas folhas, em 10 de cultivares de milho, ficaram entre 9,18-12,30 g kg⁻¹, e 8,57-12,14 g kg⁻¹, valores estes inferiores aos determinados neste trabalho. Porém, no colmo, os valores foram superiores e ficaram entre 10,10-16,63 g kg⁻¹ e 6,17-10,51 g kg⁻¹, na safra 05/06 e 06/07, respectivamente.

Valores, em geral, superiores aos encontrados nesse trabalho foram relatados por Ferreira et al. (2008), que determinaram o teor de N, em dois híbridos de milho, aos 50 dias após a floração, e os resultados foram de 25,6 e 24,5 g kg⁻¹ nas folhas, 9,1e 7,1 g kg⁻¹ nos internódios, 8,5 e 6,2 g kg⁻¹ no colmo, 25,0 e 12,0 g kg⁻¹ no pendão, 19,1 e 12,0 g kg⁻¹ nas espigas. Assim como Ueno et al. (2013) determinaram que o teor de N, no estádio R5, nas folhas, foi de 21,9 g kg⁻¹, no colmo de 8,3 g kg⁻¹ e nas brácteas + sabugo de 8,3 g kg⁻¹.

O resultado do teor de N nos grãos foi intermediário aos resultados de Carvalho et al. (2011), em que o teor de N foi de 12,67 e 14,77 g kg⁻¹, com 40 e 160 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. No entanto, valores superiores foram determinados por Ferreira (2009), os quais ficaram entre 16,75-21,31 g kg⁻¹ e 15,09-17,34 g kg⁻¹, na safra 05/06 e 06/07, respectivamente. Assim como Ferreira (2008), que apresentou os teores de N nos grãos de 18,1 e 16,1 g kg⁻¹ e Ueno et al. (2013), os quais determinaram o teor de (18,0 g kg⁻¹ N) no estádio R6.

O corpo da planta apresentou um teor de 8,18 g kg⁻¹ e a planta inteira 10,99 g kg⁻¹ (Tabela 5). Corroborando com esse trabalho, Duarte et al. (2003), avaliando 5 cultivares, observaram o teor médio de N (10,0 g kg⁻¹) na planta inteira, aos 105 dias após a semeadura, ou seja, na maturidade fisiológica. Computando a média de 5 trabalhos de pesquisa, Von Pinho et al. (2009), citados por Ueno et al (2013), estimaram os teores médios de 10,8 g kg⁻¹ de N, valores próximos aos encontrados neste trabalho.

Valores inferiores aos determinados neste trabalho foram encontrados por Marcelo et al. (2012), que avaliaram o teor de N na massa seca da planta de milho, após a colheita dos grãos e encontraram valores de 4,7 e 4,4 g kg⁻¹, respectivamente na safra 07/08 e 08/09. Assim como os resultados encontrados por Carvalho et al. (2011), em que o teor médio de N na massa seca da parte aérea de 10 cultivares de milho ficou entre de 4,80 e 6,07 g kg⁻¹, quando aplicados 40 e 160 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Ueno et al. (2013) determinaram que o teor de N, no estádio R5, nas folhas, foi de $13,7 \text{ g kg}^{-1}$ na planta interia, valores estes superiores aos encontrados nesse trabalho. Assim como Pauletti (2004), que encontrou concentrações de nutrientes na MS da planta, medida ao final do ciclo da cultura, de $20,3 \text{ g kg}^{-1}$ de N.

Dessa forma, pode-se dizer que existem diferenças nos diversos trabalhos quanto aos teores de N, possivelmente devido às características das cultivares, das condições de solo, do clima, dos tratamentos realizados e do período de avaliação.

Na tabela 6, são apresentados os resultados dos teores de fósforo (g kg^{-1}) em diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar. Na folha modificada, no sabugo e nos grãos não observou-se diferença nos teores de fósforo (P), com ou sem proteção e nutrição foliar. Porém, a proteção e nutrição foliar apresentaram um aumento no teor de fósforo na folha de $0,09 \text{ g kg}^{-1}$ (11,53 %), no corpo da planta de $0,05 \text{ g kg}^{-1}$ (8,62 %) e na planta inteira de $0,13 \text{ g kg}^{-1}$ (5,91 %). O aumento nos teores de fósforo na folha e na planta eram esperados, uma vez que o produto aplicado para a nutrição foliar apresenta 30% de fósforo.

Os teores de fósforo determinados neste trabalho foram intermediários aos encontrados por Ferreira (2009), que encontrou concentrações de fósforo nas folhas entre $0,44$ - $1,09 \text{ g kg}^{-1}$ e $0,77$ - $1,26 \text{ g kg}^{-1}$, no colmo entre $0,38$ - $0,99 \text{ g kg}^{-1}$ e $0,71$ - $1,45 \text{ g kg}^{-1}$ e nos grãos entre $2,84$ - $3,98 \text{ g kg}^{-1}$ e $3,41$ - $5,10 \text{ g kg}^{-1}$, na safra 05/06 e 06/07, respectivamente.

Ueno et al. (2013) determinaram que o teor de P, no estádio R5, nas folhas foi de $3,0 \text{ g kg}^{-1}$, no colmo de $1,8 \text{ g kg}^{-1}$ e nas brácteas + sabugo de $1,8 \text{ g kg}^{-1}$, ou seja, valores superiores aos encontrados nesse trabalho. Já nos grãos, no estádio R6, o teor de P foi de $2,8 \text{ g kg}^{-1}$, valor inferior ao encontrado nesse trabalho.

No colmo, houve interação entre proteção e nutrição foliar e os híbridos, em que, a proteção e nutrição foliar apresentaram aumento no teor de fósforo para o híbrido resistente, na ordem de $0,14 \text{ g kg}^{-1}$ (28,00 %), enquanto para o híbrido suscetível não foi apresentada diferença. Para o ambiente genético, o híbrido resistente apresentou maior teor de fósforo tanto sem proteção $0,14 \text{ g kg}^{-1}$ (38,88 %), quanto com proteção e nutrição foliar $0,29 \text{ g kg}^{-1}$ (80,55 %) (Tabela 6).

Ainda para o ambiente genético (Tabela 6), foi observado que o híbrido resistente apresentou maior teor de fósforo em todas as partes da planta, exceto no sabugo. O incremento nos teores de fósforo nas folhas é de $0,13 \text{ g kg}^{-1}$ (17,10 %), na

folha modificada de $0,15 \text{ g kg}^{-1}$ (30,61 %), no corpo da planta $0,16 \text{ g kg}^{-1}$ (30,61 %), nos grãos $0,25 \text{ g kg}^{-1}$ (6,92 %) e na planta inteira $0,20 \text{ g kg}^{-1}$ (9,22 %).

TABELA 6. Teores de fósforo (g kg^{-1}) em diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	0,87	0,91	0,89 a	0,50 aB	0,64 aA	0,57
Suscetível	0,69	0,83	0,76 b	0,36 bA	0,35 bA	0,36
Média	0,78 B	0,87 A			0,43	0,49
CV (%) = 12,62; W = 0,96 ; F_{Levene} = 0,66 ; F _{não aditividade} = 0,13			CV (%) = 13,96; W = 0,98 ; F_{Levene} = 3,99 ; F _{não aditividade} = 0,75			
Folha Modificada				Sabugo		
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	0,66	0,61	0,64 a	0,45	0,59	0,52 a
Suscetível	0,51	0,48	0,49 b	0,43	0,46	0,44 a
Média	0,59 A	0,54 A			0,44 A	0,53 A
CV (%) = 24,45; W = 0,97 ; F_{Levene} = 1,65 ; F _{não aditividade} = 1,57			CV (%) = 26,78; W = 0,97 ; F_{Levene} = 1,18 ; F _{não aditividade} = 0,98			
Corpo da planta				Grãos		
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	0,65	0,72	0,68 a	3,76	3,96	3,86 a
Suscetível	0,50	0,54	0,52 b	3,52	3,7	3,61 b
Média	0,58 B	0,63 A			3,64 A	3,83 A
CV (%) = 10,12; W = 0,97 ; F_{Levene} = 0,77 ; F _{não aditividade} = 1,04			CV (%) = 8,55; W = 0,95 ; F_{Levene} = 0,47 ; F _{não aditividade} = 3,40			
Planta Inteira						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	2,33	2,41	2,37 a			
Suscetível	2,07	2,26	2,17 b			
Média	2,20 B	2,33 A				
CV (%) = 7,74; W = 0,96 ; F_{Levene} = 0,45 ; F _{não aditividade} = 1,49						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey (F_{não-aditividade}), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Teor de fósforo inferior aos determinados neste trabalho foram relatados por Marcelo et al. (2012) que determinaram o teor de P na massa seca da planta de milho, após a colheita dos grãos e encontraram os valores de $0,2 \text{ g kg}^{-1}$, nas duas safras

avaliadas. Assim como Duarte et al. (2003), avaliando 5 cultivares, observaram que o teor médio de P na planta inteira, aos 105 dias após a semeadura, ou seja, na maturidade fisiológica, foi de $1,2 \text{ g kg}^{-1}$, e Von Pinho et al. (2009), citados por Ueno et al, (2013), com média de 5 trabalhos de pesquisa, estimaram os teores médios de $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ de P na MS da planta ao final do ciclo da cultura.

Valores próximos aos encontrados neste trabalho foram determinados por Ueno et al. (2013), que encontraram o teor de P, no estádio R5, na planta inteira de $2,4 \text{ g kg}^{-1}$, ao contrário dos valores que foram determinados por Pauletti (2004), que encontrou concentrações de nutrientes na MS da planta, medida ao final do ciclo da cultura, de $4,3 \text{ g kg}^{-1}$ de P, ou seja, teor superior ao encontrado nesse trabalho.

Os teores médios de fósforo (P) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar, seguem a seguinte ordem: grãos $3,74 \text{ g kg}^{-1}$ > folha $0,83 \text{ g kg}^{-1}$ > folha modificada $0,57 \text{ g kg}^{-1}$ > sabugo $0,48 \text{ g kg}^{-1}$ > colmo $0,47 \text{ g kg}^{-1}$. O corpo da planta apresenta um teor de $0,60 \text{ g kg}^{-1}$ e a planta inteira $2,27 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 6).

Ferreira et al. (2008) determinaram que os teores de P, em dois híbridos de milho, aos 50 dias após a floração, foram de $1,7$ e $1,6 \text{ g kg}^{-1}$ nas folhas, $9,1$ e $0,4 \text{ g kg}^{-1}$ nos internódios, $0,5$ e $0,4 \text{ g kg}^{-1}$ no colmo, $2,6$ e $1,3 \text{ g kg}^{-1}$ no pendão, $2,3$ e $1,4 \text{ g kg}^{-1}$ nas espigas e $3,4$ e $3,4 \text{ g kg}^{-1}$ nos grãos.

De acordo com os resultados apresentados na tabela 7, os teores de potássio (g kg^{-1}) nas folhas e nos grãos não apresentaram diferença, tanto com, quanto sem proteção e nutrição foliar.

Na folha modificada e no sabugo, observa-se diferença nos teores de potássio, onde na ausência de proteção e nutrição foliar foi observado um aumento nos teores de potássio de $1,13 \text{ g kg}^{-1}$ (11,86 %) na folha modificada e $0,87 \text{ g kg}^{-1}$ (11,65 %) no sabugo. Essa redução no teor de potássio devido à aplicação da proteção e nutrição foliar pode ser resultado do efeito de diluição do K, provocado pelo aumento na produção de massa seca nessas partes da planta (Tabela 7).

Para o corpo da planta e para a planta inteira, a proteção e nutrição foliar apresentaram um aumento no teor de potássio de $1,07 \text{ g kg}^{-1}$ (7,71 %) e $0,64 \text{ g kg}^{-1}$ (6,37 %), respectivamente (Tabela 7).

Os teores de K encontrados neste trabalho foram intermediários aos determinados por Ferreira (2009), o qual obsevou que as concentrações de potássio nas folhas ficaram entre $8,86$ - $15,31 \text{ g kg}^{-1}$ e $3,43$ - $6,97 \text{ g kg}^{-1}$, no colmo entre $15,24$ - $26,78 \text{ g}$

kg^{-1} e 21,46-34,27 g kg^{-1} e nos grãos entre 3,77-3,98 g kg^{-1} e 6,57-10,26 g kg^{-1} , na safra 05/06 e 06/07, respectivamente.

TABELA 7. Teores de potássio (g kg^{-1}) em diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo				
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média		
Resistente	7,0	7,56	7,28 b	25,81 aA	26,56 aA	26,19		
Suscetível	9,56	9,69	9,63 a	22,06 bB	29,13 aA	25,59		
Média	8,28 A	8,63 A			23,94	27,84		
CV (%) = 10,54; W = 0,97 ; F_{Levene} = 0,44 ; F _{não aditividade} = 0,13			CV (%) = 10,49; W = 0,93 ; F_{Levene} = 0,55 ; F _{não aditividade} = 1,69					
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo				
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média		
Resistente	9,25	8,63	8,94 b	7,19	6,75	6,97 b		
Suscetível	12,06	10,44	11,25 a	9,5	8,19	8,84 a		
Média	10,66 A	9,53 B			8,34 A	7,47 B		
CV (%) = 14,6; W = 0,98 ; F_{Levene} = 2,03 ; F _{não aditividade} = 0,65			CV (%) = 12,56; W = 0,97 ; F_{Levene} = 2,97 ; F _{não aditividade} = 0,57					
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos				
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média		
Resistente	13,54	13,88	13,71 b	6,81	6,88	6,84 a		
Suscetível	14,21	16,01	15,11 a	6,44	7,06	6,75 a		
Média	13,88 B	14,95 A			6,63 A	6,97 A		
CV (%) = 7,02; W = 0,96 ; F_{Levene} = 1,49 ; F _{não aditividade} = 2,67			CV (%) = 8,21; W = 0,95 ; F_{Levene} = 1,15 ; F _{não aditividade} = 0,46					
Híbrido ¹	Planta Inteira							
	Sem Proteção	Com Proteção	Média					
Resistente	9,91	10,23	10,07 b					
Suscetível	10,17	11,13	10,65 a					
Média	10,04 B	10,68 A						
CV (%) = 5,16; W = 0,97 ; F_{Levene} = 1,15 ; F _{não aditividade} = 1,09								

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey (F_{não-aditividade}), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Para o colmo, houve interação entre proteção e nutrição foliar e os híbridos, em que, a proteção e nutrição foliar apresentaram um aumento no teor de potássio para o híbrido suscetível, na ordem de 7,07 g kg^{-1} (32,05 %), enquanto para o híbrido resistente

não encontrou diferença. Para o ambiente genético, o híbrido resistente apresentou um maior teor de potássio na ausência de proteção $3,75 \text{ g kg}^{-1}$ (17,00 %), enquanto, com proteção e nutrição foliar não foi observada diferença entre os híbridos (Tabela 7).

Ainda observando os resultados, para o ambiente genético (Tabela 7), o híbrido suscetível apresentou um maior teor de potássio nas folhas $2,35 \text{ g kg}^{-1}$ (32,28 %), nas folhas modificadas $2,31 \text{ g kg}^{-1}$ (25,84 %), no sabugo $1,87 \text{ g kg}^{-1}$ (26,83 %), no corpo da planta $1,4 \text{ g kg}^{-1}$ (10,21 %) e na planta inteira $0,58 \text{ g kg}^{-1}$ (5,76 %).

É interessante dizer que os teores de K encontrados neste trabalho foram superiores aos encontrados por Duarte et al. (2003), que avaliaram 5 cultivares, e observaram que o teor médio de K na planta inteira, aos 105 dias após a semeadura, ou seja, na maturidade fisiológica, foi de $6,8 \text{ g kg}^{-1}$. Assim como, Marcelo et al. (2012), avaliando o teor de K na massa seca da planta de milho, após a colheita dos grãos, encontraram os valores de 9,5 e $2,3 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente na safra 07/08 e 08/09, e Von Pinho et al. (2009), citados por Ueno et al. (2013), determinaram a média de 5 trabalhos de pesquisa e estimaram os teores médios de $8,7 \text{ g kg}^{-1}$ de K na MS da planta ao final do ciclo da cultura.

Por outro lado, os valores aqui determinados ficaram abaixo daqueles apresentados por Pauletti (2004), que encontrou concentrações de K na MS da planta, medida ao final do ciclo da cultura, de $16,3 \text{ g kg}^{-1}$.

Os teores médios de potássio (K) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar, seguem a seguinte ordem: colmo $25,89 \text{ g kg}^{-1}$ > folha modificada $10,09 \text{ g kg}^{-1}$ > folha $8,46 \text{ g kg}^{-1}$ > sabugo $7,91 \text{ g kg}^{-1}$ > grãos $6,80 \text{ g kg}^{-1}$. O corpo da planta apresenta um teor médio de $14,41 \text{ g kg}^{-1}$ e a planta inteira $10,36 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 7).

Acrescenta-se a tudo isso os resultados encontrados por Ferreira et al. (2008), que determinaram o teor de K, em dois híbridos de milho, aos 50 dias após a floração, e os resultados foram de $21,8$ e $17,4 \text{ g kg}^{-1}$ nas folhas, $11,7$ e $9,1 \text{ g kg}^{-1}$ nos internódios, $11,8$ e $8,8 \text{ g kg}^{-1}$ no colmo, $11,9$ e $10,7 \text{ g kg}^{-1}$ no pendão, $16,9$ e $11,2 \text{ g kg}^{-1}$ nas espigas e $5,3$ e $5,2 \text{ g kg}^{-1}$ nos grãos.

Nesse mesmo sentido, Ueno et al. (2013) determinaram que o teor de K, no estádio R5, nas folhas, foi de $8,8 \text{ g kg}^{-1}$, no colmo de $14,6 \text{ g kg}^{-1}$, nas brácteas + sabugo de $6,9 \text{ g kg}^{-1}$ e na planta interia de $8,1 \text{ g kg}^{-1}$. Nos grãos, no estádio R6, o teor de K foi de $3,4 \text{ g kg}^{-1}$, valores estes, em geral, inferiores aos encontrados nesse trabalho.

A aplicação da proteção e nutrição foliar aumentou os teores de cálcio (Ca) nas folhas e no corpo da planta (Tabela 8). A taxa de incremento foi de $0,59 \text{ g kg}^{-1}$ (12,80 %) nas folhas e de $0,16 \text{ g kg}^{-1}$ (7,62 %) no corpo da planta. Para o ambiente genético, o híbrido resistente apresentou um incremento de $0,41 \text{ g kg}^{-1}$ (8,72 %) tanto nas folhas, quanto no corpo da planta de $0,31 \text{ g kg}^{-1}$ (15,35 %).

TABELA 8. Teores de cálcio (g kg^{-1}) em diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	4,90	5,33	5,11 a	0,90	0,99	0,94 a
Suscetível	4,33	5,08	4,70 b	0,80	0,90	0,85 a
Média	4,61 B	5,20 A		0,85 A	0,94 A	
CV (%) = 4,86; W = 0,99 ; F _{Levene} = 0,72 ; F _{não aditividade} = 0,18			CV (%) = 22,05; W = 0,97 ; F _{Levene} = 1,09 ; F _{não aditividade} = 0,49			
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	1,46 aA	1,63 aA	1,54	0,14 bB	0,25 aA	0,19
Suscetível	1,35 aA	1,24 bA	1,29	0,48 aA	0,29 aB	0,38
Média	1,41	1,43		0,31	0,27	
CV (%) = 11,39; W = 0,96 ; F _{Levene} = 0,47 ; F _{não aditividade} = 0,97			CV (%) = 23,70; W = 0,96 ; F _{Levene} = 1,45 ; F _{não aditividade} = 1,05			
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	2,24	2,43	2,33 a	1,90 aA	1,90 aA	1,90
Suscetível	1,95	2,10	2,02 b	1,61 bA	1,13 bB	1,37
Média	2,10 B	2,26 A		1,76	1,51	
CV (%) = 7,23; W = 0,97 ; F _{Levene} = 1,64 ; F _{não aditividade} = 0,75			CV (%) = 15,04; W = 0,96 ; F _{Levene} = 0,17 ; F _{não aditividade} = 0,13			
Híbrido ¹	Planta Inteira					
	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	2,06 aA	2,15 aA	2,11			
Suscetível	1,77 bA	1,57 bB	1,67			
Média	1,92	1,86				
CV (%) = 7,62; W = 0,96 ; F _{Levene} = 0,18 ; F _{não aditividade} = 0,01						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey (F_{não-aditividade}), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Ueno et al. (2013) determinaram que o teor de Ca, no estádio R5, nas folhas, foi de 4,3 g kg⁻¹, no colmo de 2,0 g kg⁻¹ e nas brácteas + sabugo de 1,1 g kg⁻¹. Nos grãos, no estádio R6, o teor de Ca foi de 1,2 g kg⁻¹, valores estes, em geral, inferiores aos encontrados nesse trabalho.

Houve interação entre proteção e nutrição foliar e os híbridos, para a folha modificada, sabugo, grãos e para planta inteira (Tabela 8). Para a folha modificada, não foi apresentada diferença entre proteção e nutrição foliar, porém, para o ambiente genético, o híbrido resistente apresentou um maior teor de cálcio quando foi utilizada a proteção e nutrição foliar, com um incremento de 0,39 g kg⁻¹ (31,45 %).

Para o sabugo, quando foram utilizadas a proteção e nutrição foliar o híbrido resistente apresentou um incremento de 0,11 g kg⁻¹ (78,57 %), ao contrário do híbrido suscetível que apresentou incremento de 0,19 g kg⁻¹ (65,52 %), quando não foram utilizadas a proteção e nutrição foliar. O híbrido suscetível apresentou também um incremento de 0,34 g kg⁻¹ (242,8 %) em relação ao híbrido resistente, quando não foram utilizadas a proteção e nutrição foliar (Tabela 8).

Nos grãos e na planta inteira, o híbrido suscetível apresentou um aumento nos teores de cálcio, quando não foram utilizadas a proteção e nutrição foliar, com um incremento de 0,48 g kg⁻¹ (42,48 %) e de 0,20 g kg⁻¹ (12,74 %), respectivamente. Quanto ao ambiente genético, o híbrido resistente sempre apresentou maiores teores de cálcio nos grãos e na planta inteira, tanto com, como sem proteção e nutrição foliar. A taxa de incremento nos grãos foi de 0,29 g kg⁻¹ (18,01 %), na ausência de proteção, e 0,77 g kg⁻¹ (68,14 %) com proteção e nutrição foliar. Na planta inteira a taxa de incremento foi de 0,29 g kg⁻¹ (16,34 %), na ausência de proteção, e 0,58 g kg⁻¹ (36,94 %) com proteção e nutrição foliar (Tabela 8).

Ferreira (2009) observou que as concentrações de cálcio nas folhas ficaram entre 2,78-4,01 g kg⁻¹ e 1,47-4,81 g kg⁻¹, no colmo entre 1,08-1,48 g kg⁻¹ e 0,50-0,84 g kg⁻¹ e nos grãos entre 0,29-0,66 g kg⁻¹ e 0,10-0,18 g kg⁻¹, na safra 05/06 e 06/07, respectivamente.

Nesse mesmo sentido, Ferreira et al. (2008) determinaram que o teor de Ca, em dois híbridos de milho, aos 50 dias após a floração, foram de 7,2 e 9,8 g kg⁻¹ nas folhas, 2,2 e 2,2 g kg⁻¹ nos internódios, 2,3 e 2,5 g kg⁻¹ no colmo, 2,3 e 4,3 g kg⁻¹ no pendão, 1,2 e 1,1 g kg⁻¹ nas espigas e 0,1 e 0,08 g kg⁻¹ nos grãos.

Os teores médios de cálcio (Ca) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar, seguem a seguinte ordem: folha 4,90 g

kg^{-1} > grãos 1,63 g kg^{-1} > folha modificada 1,41 g kg^{-1} > colmo 0,89 g kg^{-1} > sabugo 0,57 g kg^{-1} . O corpo da planta apresenta um teor médio de 2,17 g kg^{-1} e a planta inteira 1,89 g kg^{-1} (Tabela 8).

Duarte et al. (2003), avaliando 5 cultivares, observaram que o teor médio de Ca na planta inteira aos 105 dias após a semeadura, ou seja, na maturidade fisiológica, foi de 0,9 g kg^{-1} , valor este inferior ao encontrado neste trabalho.

De forma semelhante aos resultados encontrados nesse trabalho, Von Pinho et al. (2009), citados por Ueno et al, (2013), calcularam a média de 5 trabalhos de pesquisa, e estimaram os teores médios de 1,8 g kg^{-1} para Ca, na MS da planta ao final do ciclo da cultura. Assim como Ueno et al. (2013) que determinaram o teor de Ca, no estádio R5, na planta interia de 2,0 g kg^{-1} . Nessa linha de análise, os resultados desse trabalho foram intermediários aos encontrados por Marcelo et al. (2012), que na avaliação do teor de Ca na massa seca da planta de milho, após a colheita dos grãos, encontraram os valores de 2,7 e 0,9 g kg^{-1} , respectivamente na safra 07/08 e 08/09.

Por outro lado, Pauletti (2004) encontrou concentrações de Ca na MS da planta, medida ao final do ciclo da cultura, de 3,1 g kg^{-1} , valores estes que foram superiores aos determinados nesse trabalho.

A proteção e nutrição foliar promoveram aumento nos teores de magnésio (Mg) de 0,23 g kg^{-1} (18,85%) no colmo, de 0,17 g kg^{-1} (10,56 %) na folha modificada, de 0,19 g kg^{-1} (55,88 %) no sabugo, e consequentemente, de 0,14 g kg^{-1} (9,09 %) no corpo da planta e de 0,10 g kg^{-1} (7,69 %) na planta inteira (Tabela 9). Não houve aumento nos teores de Mg na folha e nos grãos.

Ferreira (2009) observou que as concentrações de magnésio nas folhas ficaram entre 1,37-2,69 g kg^{-1} e 1,18-1,84 g kg^{-1} , no colmo entre 1,23-1,83 g kg^{-1} e 0,71-1,08 g kg^{-1} e nos grãos entre 1,32-1,71 g kg^{-1} e 0,77-1,12 g kg^{-1} , na safra 05/06 e 06/07, respectivamente.

Valores dos teores de Mg, superiores aos encontrados neste trabalho, foram determinados por Ferreira et al. (2008) em dois híbridos de milho, aos 50 dias após a floração, e foram de 2,6 e 3,1 g kg^{-1} nas folhas, 1,7 e 1,7 g kg^{-1} nos internódios, 1,9 e 1,9 g kg^{-1} no colmo, 1,9 e 2,7 g kg^{-1} no pendão, 1,6 e 1,3 g kg^{-1} nas espigas e 1,6 e 1,5 g kg^{-1} nos grãos.

Para o ambiente genético (Tabela 9), o híbrido suscetível apresentou maiores teores na folha, colmo e no sabugo, sendo a taxa de incremento de 0,27 g kg^{-1} (11,54%) na folha, 0,19 g kg^{-1} (15,32 %) no colmo e 0,07 g kg^{-1} (17,50 %) no sabugo. Enquanto

nos grãos e na planta inteira foi o híbrido resistente que apresentou os teores mais elevados, com incremento de 0,18 g kg⁻¹ (17,48 %) e 0,06 g kg⁻¹ (4,55 %), respectivamente.

TABELA 9. Teores de magnésio (g kg⁻¹) em diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	2,27	2,4	2,34 b	1,14	1,35	1,24 b
Suscetível	2,58	2,64	2,61 a	1,30	1,55	1,43 a
Média	2,43 A	2,52A		1,22 B	1,45 A	
CV (%) = 6,41; W = 0,94 ; F _{Levene} = 0,88 ; F _{não aditividade} = 0,37			CV (%) = 13,87; W = 0,94 ; F _{Levene} = 2,03 ; F _{não aditividade} = 6,52			
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	1,68	1,84	1,76 a	0,28	0,52	0,40 b
Suscetível	1,55	1,72	1,64 a	0,40	0,54	0,47 a
Média	1,61 B	1,78 A		0,34 B	0,53 A	
CV (%) = 11,15; W = 0,91 ; F _{Levene} = 6,58 ; F _{não aditividade} = 0,11			CV (%) = 18,73; W = 0,97 ; F _{Levene} = 1,44 ; F _{não aditividade} = 0,49			
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	1,49	1,65	1,57 a	1,19	1,24	1,21 a
Suscetível	1,58	1,71	1,65 a	1,00	1,06	1,03 b
Média	1,54 B	1,68 A		1,09 A	1,15 A	
CV (%) = 6,63; W = 0,97 ; F _{Levene} = 2,14 ; F _{não aditividade} = 1,01			CV (%) = 11,49; W = 0,98 ; F _{Levene} = 0,62 ; F _{não aditividade} = 1,11			
Híbrido ¹	Planta Inteira					
	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	1,33	1,44	1,38 a			
Suscetível	1,28	1,36	1,32 b			
Média	1,30 B	1,40 A				
CV (%) = 5,86; W = 0,95 ; F _{Levene} = 0,45 ; F _{não aditividade} = 0,00						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey (F_{não-aditividade}), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Ueno et al. (2013) determinaram que o teor de Mg, no estádio R5, nas folhas, foi de 4,5 g kg⁻¹, no colmo de 2,7 g kg⁻¹, nas brácteas + sabugo de 0,9 g kg⁻¹ e na planta

interia de 2,2 g kg⁻¹, valores estes, em geral, superiores aos encontrados nesse trabalho. Nos grãos, no estádio R6, o teor de Mg foi de 1,1 g kg⁻¹, valor este, igual ao encontrado nesse trabalho.

Os teores médios de magnésio (Mg) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar, seguem a seguinte ordem decrescente: folha 2,48 g kg⁻¹ > folha modificada 1,70 g kg⁻¹ > colmo 1,34 g kg⁻¹ > grãos 1,12 g kg⁻¹ > sabugo 0,44 g kg⁻¹. E ainda, o corpo da planta apresenta um teor médio de 1,61 g kg⁻¹ e a planta inteira 1,35 g kg⁻¹ (Tabela 9).

Cumpre observar, preliminarmente, que Marcelo et al. (2012) avaliaram o teor de Mg na massa seca da planta de milho, após a colheita dos grãos, e encontraram valores intermediários aos encontrados neste trabalho, ou seja, de 2,4 e 0,6 g kg⁻¹, respectivamente na safra 07/08 e 08/09.

Com os resultados médios de 5 trabalhos de pesquisa, Von Pinho et al. (2009), citados por Ueno et al. (2013), estimaram os teores médios de 1,8 g kg⁻¹ Mg na MS da planta ao final do ciclo da cultura, valores superiores aos encontrados neste trabalho. Assim como Duarte et al. (2003), avaliando 5 cultivares, observaram que o teor médio de Mg na planta inteira aos 105 dias após a semeadura, ou seja, na maturidade fisiológica, foi de 1,8 g kg⁻¹.

Corroborando com o assunto, Pauletti (2004) encontrou concentrações de Mg na MS da planta, medida ao final do ciclo da cultura, de 3,0 g kg⁻¹, valor este, muito superior ao determinado nesse trabalho.

De acordo com os resultados apresentados na tabela 10, a ausência de aplicação da proteção e nutrição foliar promoveram aumento nos teores de enxofre (S) no colmo, na folha modificada e no corpo da planta. A taxa de incremento foi de 0,08 g kg⁻¹ (23,53 %) no colmo, 0,07 g kg⁻¹ (13,72 %) na folha modificada e 0,09 g kg⁻¹ (14,75 %) no corpo da planta. Esses resultados podem estar relacionados com a diluição do enxofre, devido a maior produção de massa seca nessas partes da planta.

Ferreira et al. (2008), determinaram que o teor de S, em dois híbridos de milho, aos 50 dias após a floração, foram de 1,3 e 2,1 g kg⁻¹ nas folhas, 0,6 e 0,9 g kg⁻¹ nos internódios, 0,6 e 0,9 g kg⁻¹ no colmo, 1,4 e 1,6 g kg⁻¹ no pendão, 1,0 e 1,2 g kg⁻¹ nas espigas e 0,9 e 0,8 g kg⁻¹ nos grãos, resultados estes superiores aos determinados neste trabalho.

TABELA 10. Teores de enxofre (g kg^{-1}) em diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo				
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média		
Resistente	1,33	1,15	1,24 a	0,48	0,40	0,44 a		
Suscetível	1,11	1,03	1,07 b	0,36	0,28	0,32 b		
Média	1,22 A	1,09 A			0,42 A	0,34 B		
		CV (%) = 18,80; W = 0,86; F_{Levene} = 0,72 ; F _{não aditividade} = 40,55		CV (%) = 15,44; W = 0,98 ; F_{Levene} = 5,53 ; F _{não aditividade} = 5,68				
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo				
	S (g kg^{-1})			S (g kg^{-1})				
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média		
Resistente	0,7	0,63	0,66 a	0,44	0,45	0,44 a		
Suscetível	0,45	0,40	0,43 b	0,30	0,30	0,30 b		
Média	0,58 A	0,51 B			0,37 A	0,38 A		
		CV (%) = 15,35; W = 0,93 ; F_{Levene} = 1,94 ; F _{não aditividade} = 1,65		CV (%) = 20,46; W = 0,94 ; F_{Levene} = 0,02 ; F _{não aditividade} = 0,06				
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos				
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média		
	0,80	0,70	0,75 a	0,60	0,65	0,63 a		
Resistente	0,60	0,53	0,56 b	0,69	0,63	0,66 a		
Média	0,70 A	0,61 B			0,64 A	0,64 A		
		CV (%) = 12,75; W = 0,87; F_{Levene} = 1,43 ; F _{não aditividade} = 17,88		CV (%) = 21,79; W = 0,97 ; F_{Levene} = 0,67 ; F _{não aditividade} = 0,19				
Híbrido ¹	Planta Inteira							
	Sem Proteção	Com Proteção	Média					
	0,69	0,67	0,68 a					
Resistente	0,65	0,58	0,61 b					
Média	0,67 A	0,63 A						
		CV (%) = 13,04; W = 0,97 ; F_{Levene} = 0,71 ; F _{não aditividade} = 0,18						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey (F_{não aditividade}), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Os teores de enxofre não apresentaram diferença quanto à aplicação da proteção e nutrição foliar na folha, no sabugo, nos grãos e na planta inteira. Para o ambiente genético, o híbrido resistente apresentou maiores teores de enxofre em todas as partes da planta, exceto nos grãos, no qual não foi encontrado diferença. A taxa de incremento nos teores de enxofre foi de $0,17 \text{ g kg}^{-1}$ (15,89 %) na folha, $0,12 \text{ g kg}^{-1}$ (37,50 %) no

colmo, 0,23 g kg⁻¹ (53,49 %) na folha modificada, 0,14 g kg⁻¹ (46,66 %) no sabugo, 0,19 g kg⁻¹ (33,93 %) no corpo da planta e 0,07 g kg⁻¹ (11,48 %) na planta inteira (Tabela 10).

Von Pinho et al. (2009), citados por Ueno et al, (2013), determinaram a média de 5 trabalhos de pesquisa e encontraram os teores médios de 1,1 g kg⁻¹ de S, na MS da planta ao final do ciclo da cultura, valores superiores aos encontrados neste trabalho.

Os teores médios de enxofre (S) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar, seguem a seguinte ordem decrescente: folha 1,16 g kg⁻¹ > grãos 0,64 g kg⁻¹ > folha modificada 0,55 g kg⁻¹ > colmo 0,38 g kg⁻¹ > sabugo 0,37 g kg⁻¹. E ainda, o corpo da planta apresenta um teor médio de 0,66 g kg⁻¹ e a planta inteira 0,65 g kg⁻¹ (Tabela 10).

No entanto, valores inferiores ao determinado neste trabalho são apresentados por Marcelo et al. (2012), que avaliaram o teor de S na massa seca da planta de milho, após a colheita dos grãos, e encontraram os valores de 0,4 e 0,3 g kg⁻¹, respectivamente na safra 07/08 e 08/09. Já Duarte et al. (2003), avaliando 5 cultivares, observaram que o teor médio de S na planta inteira aos 105 dias após a semeadura, ou seja, na maturidade fisiológica, foi de 0,5 g kg⁻¹.

4.3 Teores foliares de micronutrientes

Não ocorreu diferença nos teores de boro (B) no colmo, na folha modificada, no sabugo, nos grãos e na planta inteira. Porém, na ausência da proteção e nutrição foliar, os teores de B foram maiores na folha e no corpo da planta. A taxa de incremento foi de $1,43 \text{ mg kg}^{-1}$ (15,20%) na folha e $0,53 \text{ mg kg}^{-1}$ (9,51%) no corpo da planta (Tabela 11). Essa redução nos teores de B na presença da proteção e nutrição foliar pode ser resultado da diluição provocada pelo aumento na produção de massa seca nestas partes da planta.

TABELA 11. Teores de boro (mg kg^{-1}) em diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	11,57	9,51	10,54 a	2,73	2,42	2,58 a
Susceptível	10,12	9,30	9,71 a	2,91	3,07	2,99 a
Média	10,84 A	9,41 B		2,82 A	2,75 A	
CV (%) = 13,37; W = 0,98 ; F _{Levene} = 1,73 ; F _{não aditividade} = 4,51			CV (%) = 45,53; W = 0,90; F _{Levene} = 0,64 ; F _{não aditividade} = 1,11			
Folha Modificada						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	7,33	5,34	6,34 a	3,56	4,08	3,82 a
Susceptível	3,98	3,59	3,79 b	3,59	4,02	3,81 a
Média	5,65 A	4,47 A		3,58 A	4,05 A	
CV (%) = 40,17; W = 0,98 ; F _{Levene} = 0,34 ; F _{não aditividade} = 1,66			CV (%) = 33,93; W = 0,95 ; F _{Levene} = 2,76 ; F _{não aditividade} = 0,35			
Corpo da planta						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	6,70	5,95	6,32 a	4,07	4,46	4,26 a
Susceptível	5,50	5,19	5,35 b	4,23	4,29	4,26 a
Média	6,10 A	5,57 B		4,15 A	4,37 A	
CV (%) = 11,21; W = 0,99 ; F _{Levene} = 2,95 ; F _{não aditividade} = 2,13			CV (%) = 25,05; W = 0,97 ; F _{Levene} = 0,39 ; F _{não aditividade} = 0,89			
Planta Inteira						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	5,28	5,17	5,22 a			
Susceptível	4,84	4,70	4,77 a			
Média	5,06 A	4,94 A				
CV (%) = 12,72; W = 0,98 ; F _{Levene} = 1,02 ; F _{não aditividade} = 0,24						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey ($F_{não-aditividade}$), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Para o ambiente genético, o híbrido resistente apresentou maiores teores de boro na folha modificada e no corpo da planta. A taxa de incremento foi de $2,55 \text{ mg kg}^{-1}$ (67,28 %) na folha modificada e $0,97 \text{ mg kg}^{-1}$ (18,13 %) no corpo da planta (Tabela 11).

Ferreira (2009), na safra 05/06, constatou que as concentrações de boro nas folhas ficaram entre $7,81$ - $12,41 \text{ mg kg}^{-1}$, no colmo entre $6,23$ - $9,60 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos grãos entre $2,98$ - $6,22 \text{ mg kg}^{-1}$, teores semelhantes aos encontrados neste trabalho para a folha e grãos, porém, muito superiores para o colmo.

Os teores médios de boro (B) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar, seguem a seguinte ordem decrescente: folha $10,12 \text{ mg kg}^{-1}$ > folha modificada $5,06 \text{ mg kg}^{-1}$ > grãos $4,26 \text{ mg kg}^{-1}$ > sabugo $3,81 \text{ mg kg}^{-1}$ > colmo $2,78 \text{ mg kg}^{-1}$. O corpo da planta apresenta um teor médio de $5,83 \text{ mg kg}^{-1}$ e a planta inteira de $4,99 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 11).

Duarte et al. (2003), avaliando 5 cultivares, observaram que o teor médio de B na planta inteira aos 105 dias após a semeadura, ou seja, na maturidade fisiológica, foi de $10,7 \text{ mg kg}^{-1}$, valores estes superiores ao encontrado neste trabalho.

Na tabela 12, é observado que, na ausência da proteção e nutrição foliar, os teores de cobre (Cu) aumentaram na folha, e a taxa de incremento foi de $1,16 \text{ mg kg}^{-1}$ (12,95 %). Para o ambiente genético, o híbrido resistente apresentou maior teor de cobre na folha e na folha modificada, e a taxa de incremento foi de $1,68 \text{ mg kg}^{-1}$ (19,31 %) e $1,73 \text{ mg kg}^{-1}$ (58,05 %), respectivamente. Nos grãos, não foi encontrada diferença no teor de cobre.

Ferreira (2009) determinou que as concentrações de cobre nas folhas ficaram entre $6,92$ - $11,03 \text{ mg kg}^{-1}$ e $4,51$ - $6,42 \text{ mg kg}^{-1}$, no colmo entre $8,35$ - $14,65 \text{ mg kg}^{-1}$ e $4,13$ - $5,51 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos grãos entre $2,82$ - $9,59 \text{ mg kg}^{-1}$ e $0,66$ - $1,11 \text{ mg kg}^{-1}$, na safra 05/06 e 06/07, respectivamente, valores estes semelhantes aos determinados neste trabalho para folha e para os grãos, enquanto, para o colmo este valores são superiores.

Houve interação entre proteção e nutrição foliar e os híbridos, para o colmo, sabugo, corpo da planta e para planta inteira (Tabela 12).

Para o colmo, quando foram utilizadas a proteção e nutrição foliar, o híbrido resistente apresentou um maior teor de cobre ($4,25 \text{ mg kg}^{-1}$). O incremento foi de $1,09 \text{ mg kg}^{-1}$ (34,49 %) em relação à ausência de proteção e nutrição foliar e $1,17 \text{ mg kg}^{-1}$ (37,98 %) em relação ao híbrido suscetível. No entanto, quando não foram utilizadas a proteção e nutrição foliar, foi o híbrido suscetível que apresentou um maior teor de

cobre ($4,60 \text{ mg kg}^{-1}$). O incremento foi de $1,58 \text{ mg kg}^{-1}$ (49,35 %) em relação à proteção e nutrição foliar e $1,44 \text{ mg kg}^{-1}$ (45,56 %) em relação ao híbrido resistente (Tabela 12).

TABELA 12. Teores de cobre (mg kg^{-1}) em diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	10,98	9,78	10,38 a	3,16 bB	4,25 aA	3,71
Suscetível	9,26	8,14	8,70 b	4,60 aA	3,08 bB	3,84
Média	10,12 A	8,96 B		3,88	3,66	
CV (%) = 12,95; W = 0,96 ; F_{Levene} = 1,67; F_{não aditividade} = 6,72			CV (%) = 26,60; W = 0,96 ; F_{Levene} = 1,47; F_{não aditividade} = 7,06			
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	4,28	5,14	4,71 a	4,11 aB	6,10 aA	5,11
Suscetível	2,93	3,04	2,98 b	3,42 aA	4,09 bA	3,76
Média	3,60 A	4,09 A		3,77	5,09	
CV (%) = 20,27; W = 0,98 ; F_{Levene} = 1,27; F_{não aditividade} = 1,32			CV (%) = 17,61; W = 0,95 ; F_{Levene} = 1,21; F_{não aditividade} = 0,22			
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	6,16 aA	6,53 aA	6,35	4,23	4,32	4,28 a
Suscetível	5,59 bA	4,80 bB	5,19	4,87	4,51	4,69 a
Média	5,87	5,67		4,55 A	4,41 A	
CV (%) = 8,77; W = 0,97 ; F_{Levene} = 0,48; F_{não aditividade} = 0,12			CV (%) = 13,71; W = 0,99 ; F_{Levene} = 1,51; F_{não aditividade} = 0,06			
Híbrido ¹	Planta Inteira					
	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	5,12 aA	5,38 aA	5,24			
Suscetível	5,21 aA	4,69 bB	4,92			
Média	5,17	5,01				
CV (%) = 8,04; W = 0,98 ; F_{Levene} = 0,13; F_{não aditividade} = 0,36						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey ($F_{não aditividade}$), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Para o sabugo, quando foram utilizada a proteção e nutrição foliar, o híbrido resistente apresentou um maior teor de cobre ($6,10 \text{ mg kg}^{-1}$). O incremento foi de 1,99

mg kg^{-1} (48,42 %) em relação à ausência de proteção e nutrição foliar e $2,01 \text{ mg kg}^{-1}$ (49,14 %) em relação ao híbrido suscetível (Tabela 12).

Para o corpo da planta, foi o híbrido resistente que apresentou um maior teor de cobre tanto na ausência, quanto na presença da proteção e nutrição foliar. O incremento foi de $0,57 \text{ mg kg}^{-1}$ (49,35 %) e $1,73 \text{ mg kg}^{-1}$ (36,04 %), respectivamente (Tabela 12).

Para a planta inteira, quando foi utilizada a proteção e nutrição foliar, o híbrido resistente apresentou um incremento no teor de cobre de $0,69 \text{ mg kg}^{-1}$ (14,71 %). Enquanto, o híbrido suscetível apresentou um incremento no teor de cobre de $0,52 \text{ mg kg}^{-1}$ (11,08 %) na ausência da proteção e nutrição foliar (Tabela 12).

Os teores médios de cobre (Cu) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar, seguem a seguinte ordem decrescente: folha $9,54 \text{ mg kg}^{-1}$ > grãos $4,48 \text{ mg kg}^{-1}$ > sabugo $4,43 \text{ mg kg}^{-1}$ > folha modificada $3,84 \text{ mg kg}^{-1}$ > colmo $3,77 \text{ mg kg}^{-1}$. O corpo da planta apresentou um teor médio de $5,77 \text{ mg kg}^{-1}$ e a planta inteira $5,08 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 12).

Teor superior ao determinado neste trabalho foi verificado por Duarte et al. (2003), que avaliaram 5 cultivares e observaram que o teor médio de Cu na planta inteira aos 105 dias após a semeadura, ou seja, na maturidade fisiológica, foi de $6,0 \text{ mg kg}^{-1}$.

Na tabela 13, é observado que na ausência da proteção e nutrição foliar os teores de ferro (Fe) aumentaram na folha, no corpo da planta e na planta inteira. A taxa de incremento foi de $253,63 \text{ mg kg}^{-1}$ (28,16 %) na folha, $90,94 \text{ mg kg}^{-1}$ (25,70 %) no corpo da planta e $41,27 \text{ mg kg}^{-1}$ (22,57 %) na planta inteira. Essa redução no teor de ferro com a proteção e nutrição foliar pode ter ocorrido, devido a maior produção de massa seca nessas partes da planta, resultando na diluição do teor de Fe.

Para o ambiente genético, o híbrido resistente apresentou maiores teores de ferro na folha, colmo, folha modificada, no corpo da planta e na planta inteira. A taxa de incremento foi de $451,39 \text{ mg kg}^{-1}$ (56,30 %) na folha, $21,36 \text{ mg kg}^{-1}$ (28,77 %) no colmo, $30,41 \text{ mg kg}^{-1}$ (28,44 %) na folha modificada, $181,77 \text{ mg kg}^{-1}$ (58,94 %) no corpo da planta e $82,81 \text{ mg kg}^{-1}$ (51,11 %) na planta inteira (Tabela 13).

Resultados importantes foram determinados por Ferreira (2009), o qual observou que as concentrações de ferro nas folhas ficaram entre $141\text{-}204 \text{ mg kg}^{-1}$ e $115\text{-}301 \text{ mg kg}^{-1}$, no colmo entre $78\text{-}438 \text{ mg kg}^{-1}$ e $89\text{-}149 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos grãos entre $17,02\text{-}34,47 \text{ mg kg}^{-1}$ e $32,63\text{-}40,98 \text{ mg kg}^{-1}$, na safra 05/06 e 06/07, respectivamente. Os teores

determinados neste trabalho foram intermediários aos resultados de Ferreira (2009) no colmo e nos grãos, porém superiores na folha.

TABELA 13. Teores de ferro (mg kg^{-1}) em diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo				
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média		
1	1374,46	1131,65	1253,06 a	94,15	97,02	95,59 a		
2	933,89	669,45	801,67 b	75,63	72,83	74,23 b		
Média	1154,18 A	900,55 B		84,89 A	84,93 A			
		$\text{CV} (\%) = 21,89; \text{W} = 0,99;$		$\text{CV} (\%) = 25,26; \text{W} = 0,96;$				
		$F_{\text{Levene}} = 1,89; F_{\text{não aditividade}} = 2,42$		$F_{\text{Levene}} = 0,84; F_{\text{não aditividade}} = 0,36$				
Folha Modificada								
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo				
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média		
1	143,55	131,09	137,32 a	86,77	75,71	81,24 a		
2	104,35	109,46	106,91 b	82,24	94,13	88,18 a		
Média	123,95 A	120,28 A		84,51 A	84,92 A			
		$\text{CV} (\%) = 28,40; \text{W} = 0,94;$		$\text{CV} (\%) = 24,10; \text{W} = 0,99;$				
		$F_{\text{Levene}} = 3,21; F_{\text{não aditividade}} = 0,61$		$F_{\text{Levene}} = 1,37; F_{\text{não aditividade}} = 2,55$				
Corpo da planta								
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos				
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média		
1	536,05	444,27	490,16 a	28,34	28,80	28,57 a		
2	353,44	263,33	308,39 b	32,07	32,35	32,21 a		
Média	444,74 A	353,80 B		30,21 A	30,57 A			
		$\text{CV} (\%) = 19,13; \text{W} = 0,98;$		$\text{CV} (\%) = 17,22; \text{W} = 0,98;$				
		$F_{\text{Levene}} = 1,23; F_{\text{não aditividade}} = 0,13$		$F_{\text{Levene}} = 0,59; F_{\text{não aditividade}} = 1,04$				
Planta Inteira								
Híbrido ¹	Planta Inteira							
	Sem Proteção	Com Proteção	Média					
1	261,68	227,99	244,83 a					
2	186,45	137,59	162,02 b					
Média	224,06 A	182,79 B						
		$\text{CV} (\%) = 17,85; \text{W} = 0,98;$						
		$F_{\text{Levene}} = 1,21; F_{\text{não aditividade}} = 1,93$						

¹ Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey ($F_{\text{não aditividade}}$), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Os teores médios de ferro (Fe) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar, seguem a seguinte ordem decrescente: folha 1027,36 mg kg^{-1} > folha modificada 122,11 mg kg^{-1} > colmo 84,91 mg kg^{-1} >

sabugo $84,71 \text{ mg kg}^{-1}$ > grãos $30,39 \text{ mg kg}^{-1}$. O corpo da planta apresenta um teor médio de $399,27 \text{ mg kg}^{-1}$ e a planta inteira $203,42 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 13).

Duarte et al. (2003), avaliando 5 cultivares, observaram que o teor médio de Fe na planta inteira aos 105 dias após a semeadura, ou seja, na maturidade fisiológica, foi de $430,0 \text{ mg kg}^{-1}$, ou seja, o dobro do determinado neste trabalho.

Na tabela 14, é observado que a utilização da proteção e nutrição foliar promoveram o aumento no teor de manganês (Mn) na folha e a taxa de incremento foi de $64,94 \text{ mg kg}^{-1}$ (133,84%). Esse aumento era esperado, porque o produto aplicado para a nutrição foliar apresentou 9% de Mn.

Em linhas gerais, os teores de Mn determinados neste trabalho foram semelhantes aos determinados por Ferreira (2009), que observou que as concentrações de manganês nas folhas ficaram entre $51,6$ - $80,7 \text{ mg kg}^{-1}$ e $57,7$ - $86,5 \text{ mg kg}^{-1}$, no colmo entre $10,7$ - $23,5 \text{ mg kg}^{-1}$ e $18,0$ - $20,3 \text{ mg kg}^{-1}$ e nos grãos entre $4,55$ - $10,59 \text{ mg kg}^{-1}$ e $9,65$ - $12,94 \text{ mg kg}^{-1}$, na safra 05/06 e 06/07, respectivamente.

Houve interação entre proteção e nutrição foliar e os híbridos, para o colmo, folha modificada, sabugo, corpo da planta e para planta inteira (Tabela 14). Para o colmo, quando foram utilizadas a proteção e nutrição foliar, o híbrido resistente apresentou um maior teor de manganês ($10,25 \text{ mg kg}^{-1}$) e o incremento foi de $5,29 \text{ mg kg}^{-1}$ (107,74 %). No entanto, na ausência de proteção e nutrição foliar, foi o híbrido suscetível que apresentou um maior teor de manganês ($12,59 \text{ mg kg}^{-1}$) e o incremento foi de $3,79 \text{ mg kg}^{-1}$ (43,07 %) em relação à proteção e nutrição foliar e $7,68 \text{ mg kg}^{-1}$ (156,41 %) em relação ao híbrido resistente.

Na folha modificada, a utilização da proteção e nutrição foliar promoveu aumento nos teores de manganês, tanto no híbrido resistente com taxa de incremento de $10,78 \text{ mg kg}^{-1}$ (40,83 %), como no híbrido suscetível com incremento de $5,35 \text{ mg kg}^{-1}$ (26,70 %). Porém, o híbrido resistente apresentou o maior teor ($37,18 \text{ mg kg}^{-1}$), com incremento de $11,79 \text{ mg kg}^{-1}$ (46,43 %) em relação ao híbrido suscetível (Tabela 14).

No sabugo, a utilização da proteção e nutrição foliar promoveu aumento nos teores de manganês, tanto no híbrido resistente com taxa de incremento de $3,97 \text{ mg kg}^{-1}$ (41,53 %), como no híbrido suscetível com incremento de $1,63 \text{ mg kg}^{-1}$ (16,64 %). Porém, o híbrido resistente apresentou o maior teor $13,53 \text{ mg kg}^{-1}$, com incremento de $2,11 \text{ mg kg}^{-1}$ (18,47 %) em relação ao híbrido suscetível (Tabela 14).

TABELA 14. Teores de manganês (mg kg^{-1}) em diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo			
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média	
Resistente	45,80	119,05	82,43 a	4,91 bB	10,20 aA	7,56	
Susceptível	51,24	107,86	79,55 a	12,59 aA	8,80 aB	10,69	
Média	48,52 B	113,46 A			8,75	9,50	
		CV (%) = 27,21; W = 0,84; $F_{\text{Levene}} = 0,98$; $F_{\text{não aditividade}} = 45,63$		CV (%) = 23,72; W = 0,97; $F_{\text{Levene}} = 0,95$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,76$			
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo			
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média	
Resistente	26,40 aB	37,18 aA	31,79	9,56 aB	13,53 aA	11,54	
Susceptível	20,04 bB	25,39 bA	22,71	9,79 aB	11,42 bA	10,61	
Média	23,22	31,28			9,68	12,48	
		CV (%) = 13,47; W = 0,96; $F_{\text{Levene}} = 2,02$; $F_{\text{não aditividade}} = 8,16$		CV (%) = 11,41;; W = 0,94; $F_{\text{Levene}} = 1,20$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,56$			
Híbrido ¹	Corpo da planta ²			Grãos			
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média	
Resistente	23,39 aB	51,58 aA	37,48	10,36	8,95	9,65 a	
Susceptível	25,56 aB	42,23 bA	33,89	7,31	9,15	8,23 a	
Média	24,47	46,90			8,83 A	9,05 A	
		CV (%) = 9,88; W = 0,95; $F_{\text{Levene}} = 0,63$; $F_{\text{não aditividade}} = 22,48$		CV (%) = 26,05; W = 0,95; $F_{\text{Levene}} = 0,59$; $F_{\text{não aditividade}} = 1,55$			
Híbrido ¹	Planta Inteira						
	Sem Proteção	Com Proteção	Média				
Resistente	16,39 aB	29,39 aA	22,89				
Susceptível	16,04 aB	24,20 bA	20,12				
Média	16,22	26,79					
		CV (%) = 14,48; W = 0,93; $F_{\text{Levene}} = 0,81$; $F_{\text{não aditividade}} = 30,73$					

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. ²Dados com transformação \sqrt{x} . Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F) e não aditividade, pelo teste de Tukey ($F_{\text{não-aditividade}}$), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

No corpo da planta, a utilização da proteção e nutrição foliar promoveu aumento nos teores de manganês, tanto no híbrido resistente com taxa de incremento de 28,19 mg kg^{-1} (120,52 %), como no híbrido suscetível com incremento de 16,67 mg kg^{-1} (65,21 %). Porém, o híbrido resistente apresentou o maior teor 51,58 mg kg^{-1} , com incremento de 9,35 mg kg^{-1} (22,14 %) em relação ao híbrido suscetível (Tabela 14).

Para a planta inteira, a utilização da proteção e nutrição foliar promoveu aumento nos teores de manganês, tanto no híbrido resistente com taxa de incremento de 13,00 mg kg⁻¹ (79,32 %), como no híbrido suscetível com incremento de 8,16 mg kg⁻¹ (50,87 %). Porém, o híbrido resistente apresentou maior teor 29,39 mg kg⁻¹, com incremento de 5,19 mg kg⁻¹ (21,44 %) em relação ao híbrido suscetível (Tabela 14).

Os teores médios de manganês (Mn) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar, seguem a seguinte ordem: folha 80,99 mg kg⁻¹ > folha modificada 27,25 mg kg⁻¹ > sabugo 11,07 mg kg⁻¹ > colmo 9,12 mg kg⁻¹ > grãos 8,94 mg kg⁻¹. E ainda, o corpo da planta apresentou um teor médio de 35,68 mg kg⁻¹ e a planta inteira 21,50 mg kg⁻¹ (Tabela 14).

Duarte et al. (2003), avaliando 5 cultivares, observaram que o teor médio de Mn na planta inteira aos 105 dias após a semeadura, ou seja, na maturidade fisiológica, foi de 49 mg kg⁻¹, valor este muito superior ao determinado neste trabalho.

Na tabela 15, é observado que a proteção e nutrição foliar promoveram aumento nos teores de zinco (Zn) na folha, no sabugo, nos grãos e na planta inteira. A taxa de incremento foi de 1,17 mg kg⁻¹ (7,84 %) na folha, 1,94 mg kg⁻¹ (16,27 %) no sabugo, 2,68 mg kg⁻¹ (9,98 %) nos grãos e 1,72 mg kg⁻¹ (8,41 %) na planta inteira.

Para o ambiente genético, o híbrido resistente apresentou maiores teores de zinco na folha, colmo, folha modificada, no corpo da planta e na planta inteira. A taxa de incremento foi de 3,97 mg kg⁻¹ (29,36 %) na folha, 3,68 mg kg⁻¹ (46,00 %) no colmo, 4,89 mg kg⁻¹ (34,70 %) na folha modificada, 3,36 mg kg⁻¹ (28,66 %) no corpo da planta e 2,06 mg kg⁻¹ (10,18 %) na planta inteira (Tabela 15).

Corroborando com o assunto, Ferreira (2009) observou que as concentrações de zinco nas folhas ficaram entre 17,5-23,9 mg kg⁻¹ e 9,7-16,3 mg kg⁻¹, no colmo entre 13,0-26,9 mg kg⁻¹ e 8,5-12,0 mg kg⁻¹ e nos grãos entre 27,19-38,89 mg kg⁻¹ e 22,20-30,68 mg kg⁻¹, na safra 05/06 e 06/07, respectivamente. Resultados intermediários foram determinados neste trabalho.

Os teores médios de zinco (Zn) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar, seguem a seguinte ordem decrescente: grãos 28,17 mg kg⁻¹ > folha modificada 16,54 mg kg⁻¹ > folha 15,50 mg kg⁻¹ > sabugo 12,89 mg kg⁻¹ > colmo 9,84 mg kg⁻¹. E ainda, o corpo da planta apresentou um teor médio de 13,40 mg kg⁻¹ e a planta inteira 21,26 mg kg⁻¹ (Tabela 15).

TABELA 15. Teores de zinco (mg kg^{-1}) em diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo			
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média	
Resistente	16,79	18,20	17,49 a	11,91	11,45	11,68 a	
Suscetível	13,05	13,99	13,52 b	7,46	8,54	8,00 b	
Média	14,92 B	16,09 A			9,69 A	9,99 A	
		CV (%) = 10,02; W = 0,98 ; $F_{\text{Levene}} = 1,15$; $F_{\text{não aditividade}} = 2,15$		CV (%) = 18,60; W = 0,98 ; $F_{\text{Levene}} = 1,52$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,42$			
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo			
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média	
Resistente	19,92	18,03	18,98 a	10,91	14,06	12,49 a	
Suscetível	14,52	13,66	14,09 b	12,92	13,65	13,29 a	
Média	17,23 A	15,84 A			11,92 B	13,86 A	
		CV (%) = 13,34; W = 0,96 ; $F_{\text{Levene}} = 1,28$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,11$		CV (%) = 18,12; W = 0,96 ; $F_{\text{Levene}} = 0,45$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,00$			
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos			
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média	
Resistente	14,90	15,28	15,08 a	27,75	29,64	28,69 a	
Suscetível	11,38	12,06	11,72 b	25,93	29,40	27,66 a	
Média	13,13 A	13,69 A			26,84 B	29,52 A	
		CV (%) = 11,33; W = 0,99 ; $F_{\text{Levene}} = 1,61$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,86$		CV (%) = 11,04; W = 0,97 ; $F_{\text{Levene}} = 0,76$; $F_{\text{não aditividade}} = 4,33$			
Híbrido ¹	Planta Inteira						
	Sem Proteção	Com Proteção	Média				
Resistente	21,84	22,74	22,29 a				
Suscetível	18,95	21,50	20,23 b				
Média	20,40 B	22,12 A					
		CV (%) = 9,46; W = 0,97 ; $F_{\text{Levene}} = 0,92$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,12$					

*Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey ($F_{\text{não aditividade}}$), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Duarte et al. (2003), avaliando 5 cultivares, observaram que o teor médio de Zn na planta inteira aos 105 dias após a semeadura, ou seja, na maturidade fisiológica, foi de $20,0 \text{ mg kg}^{-1}$, resultado este, semelhante ao determinado neste trabalho.

4.4 Acúmulo de macronutrientes

A proteção e nutrição foliar promoveram aumento no acúmulo de nitrogênio (N) no colmo de 4,54 kg ha⁻¹ (24,71%) e no sabugo de 2,31 kg ha⁻¹ (27,76%). Resultando também em aumento no corpo da planta de 9,64 kg ha⁻¹ de N (10,59%) (Tabela 16).

TABELA 16. Acúmulo de nitrogênio em (kg ha⁻¹) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	46,68	47,23	46,96 a	19,93	25,52	22,72 a
Suscetível	43,86	47,35	45,60 a	16,82	20,31	18,56 b
Média	45,27 A	47,29 A		18,37 B	22,91 A	
CV (%) = 10,11; W = 0,96 ; F_{Levene} = 2,6 ; F _{não aditividade} = 5,39			CV (%) = 9,86; W = 0,96 ; F_{Levene} = 0,37 ; F _{não aditividade} = 8,07			
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	12,92	13,22	13,07 a	8,44	10,43	9,43 a
Suscetível	9,46	10,69	10,08 b	8,20	10,84	9,52 a
Média	11,19 A	11,95 A		8,32 B	10,63 A	
CV (%) = 18,62; W = 0,97 ; F_{Levene} = 3,90 ; F _{não aditividade} = 1,85			CV (%) = 20,35; W = 0,96 ; F_{Levene} = 0,39 ; F _{não aditividade} = 0,70			
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	87,97	96,40	92,18 a	167,89 aA	172,88 aA	170,38
Suscetível	78,34	89,18	83,75 b	141,01 bB	177,39 aA	159,20
Média	83,15 B	92,79 A		154,45	175,13	
CV (%) = 10,22; W = 0,96 ; F_{Levene} = 0,96 ; F _{não aditividade} = 10,73			CV (%) = 11,24; W = 0,98 ; F_{Levene} = 1,95 ; F _{não aditividade} = 7,63			
Híbrido ¹	Planta Inteira ²					
	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	255,86	269,28	262,57 a			
Suscetível	219,35	266,57	242,96 b			
Média	237,60 B	267,92 A				
CV (%) = 10,32; W = 0,96 ; F_{Levene} = 1,70 ; F _{não aditividade} = 11,94						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. ²Dados com transformação \sqrt{x} . Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey (F_{não-aditividade}), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Vasconcellos et al. (1998) avaliaram 3 cultivares de milho no estádio 5 (presença da camada preta) e encontraram valores de N acumulados nas folhas entre 20-32 kg ha⁻¹, no colmo entre 25-30 kg ha⁻¹, no pendão de 2,0-3,0 kg ha⁻¹ e nas brácteas + sabugo de 61-86 kg ha⁻¹, ficando evidente a diferença entre genótipos de milho quanto a acumulação de N.

Quanto ao ambiente genético, observa-se que o híbrido resistente apresentou maior acúmulo de N em relação ao híbrido suscetível no colmo 4,16 kg ha⁻¹ (22,41 %), folha modificada 2,99 kg ha⁻¹ (29,66 %) e, consequentemente no corpo da planta 8,43 kg ha⁻¹ (10,06 %) (Tabela 16). Vasconcellos et al. (1998), Von Pinho et al., (2009) e Ferreira (2009) também observaram diferenças entre híbridos quanto ao acúmulo de N.

Nos grãos, ocorreu interação entre a proteção e nutrição foliar e os híbridos, no qual o híbrido suscetível, quando protegido, apresentou aumento no acúmulo de nitrogênio de 36,36 kg ha⁻¹ (25,80 %). Já para o híbrido resistente, não ocorreu diferença entre a ausência e presença de proteção e nutrição foliar. Quanto ao ambiente genético, observa-se que o híbrido resistente apresentou maior acúmulo de N nos grãos em relação ao híbrido suscetível 26,88 kg ha⁻¹ (19,06 %), quando não foram realizadas a proteção e nutrição foliar. Porém, quando a proteção e nutrição foliar foram realizadas os híbridos não apresentaram diferença (Tabela 16).

Como consequência do aumento no acúmulo de nitrogênio em diversas partes da planta, quando a mesma foi protegida, ocorreu, então, aumento no acúmulo de N na planta inteira de 30,32 kg ha⁻¹ (12,76 %), seguindo a mesma tendência para o híbrido resistente que apresentou maior acúmulo em relação ao híbrido suscetível 19,61 kg ha⁻¹ (8,07 %) (Tabela 16).

Os valores médios de N acumulado pela planta inteira (252,77 kg ha⁻¹) foram intermediários aos encontrados por Vasconcellos et al. (1998): 211-294 kg ha⁻¹ e superiores aos observados por Andrade et al. (1975): 181,04 kg ha⁻¹, Furlani et al. (1977): 111,52 kg ha⁻¹, Vasconcellos et al. (1983): 77-129 kg ha⁻¹, Hiroce et al. (1989): 135,73 kg ha⁻¹, Bull (1993): 190,0 kg ha⁻¹, Duarte et al. (2003): 204,0 kg ha⁻¹ e Duete et al. (2008): 200,8 kg ha⁻¹. E ainda, segundo Ritchie et al. (2003) e Von Pinho et al. (2009), as cultivares de milho acumulam nitrogênio até próximo à maturidade fisiológica, quando são obtidos os acúmulos máximos. De acordo com Von Pinho et al. (2009), as quantidades totais de nitrogênio acumulado foram de 401 e 327 kg ha⁻¹ de N, respectivamente para as cultivares GNZ 2004 e P30F53, resultados estes superiores ao encontrado neste trabalho 252,77 kg ha⁻¹.

Extrações de N inferiores às encontradas neste trabalho também foram observadas por Ferreira (2009), quando avaliou a extração parcial (nos grãos, colmos e folhas) de N de 10 genótipos de milho, representado por cinco níveis tecnológicos (híbridos simples, duplos, triplos, variedades melhoradas e regionais), no qual, foram encontradas diferenças entre os genótipos de milho, com extração entre 99,2-137,3 kg ha⁻¹ e 146,8-212,2 kg ha⁻¹. A exportação de N pelos grãos ficou entre 4,66-59,17 kg ha⁻¹ e 78,0-149,2 kg ha⁻¹, em duas safras consecutivas, com e sem deficiência hídrica, respectivamente.

Segundo França et al. (2011), aos 99 dias após a emergência (DAE), estádio de grão dentado, o acúmulo de N pela planta de milho foi de 18,97 e 220,97 kg ha⁻¹ e a exportação de N pelos grãos de 13,23 e 106,94 kg ha⁻¹, com 27 e 190 kg ha⁻¹ de N disponível, respectivamente. Enquanto Carvalho et al. (2011) determinaram que o acúmulo de N pela planta de milho no estádio de maturidade fisiológica foi de 152 e 244,14 kg ha⁻¹ e a exportação de N pelos grãos de 75,69 e 134,61 kg ha⁻¹, com 40 e 160 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

O acúmulo médio de nitrogênio nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem nutrição e proteção foliar, segue a seguinte ordem decrescente: grãos 164,79 kg ha⁻¹ (65,20%) > folha 46,28 kg ha⁻¹ (18,31%) > colmo 20,64 kg ha⁻¹ (8,16%) > folha modificada 11,58 kg ha⁻¹ (4,58%) > sabugo 9,48 kg ha⁻¹ (3,75%), ou seja, a planta inteira tem uma acumulação de 252,77 kg ha⁻¹ nitrogênio, sendo que, deste total, 164,79 kg ha⁻¹ (65,20%) é exportado pelos grãos e 87,97 kg ha⁻¹ (34,80%) que constitui o corpo da planta fica no campo (Tabela 16).

Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho foram observados por Ritchie et al. (2003), no qual do total do N absorvido pelas plantas na fase de maturidade fisiológica, aproximadamente 65% encontravam-se nos grãos, 20% nas folhas, 6% no colmo, 3% em sabugo, haste e cabelo, 3% nas bainhas das folhas e 3% em palhas e bonecas de inserção mais baixa.

Vasconcellos et al. (1998) determinaram a seguinte ordem média de acumulação de N: grãos > brácteas + sabugo > colmo > folha > pendão. E a exportação de N pelos grãos, encontrada pelos autores, ficou entre 138 kg ha⁻¹ (66%) e 164 kg ha⁻¹ (72%), semelhantes à exportação encontrada neste trabalho, assim como, Duete et al. (2008) 142,6 kg ha⁻¹ (71%). Porém, os resultados de exportação de N em (kg ha⁻¹) encontrados neste trabalho foram superiores (164,79 kg ha⁻¹) e, em (%), semelhantes (65,20%) aos resultados de Vasconcellos et al. (1983), que ficaram entre 51,6 kg ha⁻¹ (67%) e 80 kg

ha^{-1} (77%) para um dos genótipos e entre 53,5 kg ha^{-1} (66%) e 92,9 kg ha^{-1} (72%) para o outro genótipo, sem e com irrigação, respectivamente. Independentemente da fonte originária de N, solo ou fertilizante, em média, dois terços do N alocaram-se nos grãos e um terço na palha (DUETE et al., 2008).

A quantidade de N extraída pela cultura do milho, em média, é superior a 130 kg ha^{-1} , e a exportada pelos grãos é superior a 100 kg ha^{-1} . Esse fato sugere a necessidade de enfatizar sistemas de manejo do solo e de adubação nitrogenada que aportem quantidade adequada do nutriente no cultivo do milho, visando à manutenção do seu estoque no solo e, consequentemente, à sustentabilidade do agrossistema a longo prazo (DUETE et al., 2008).

Quando foram utilizadas a proteção e nutrição foliar o acúmulo de fósforo (P) foi maior na folha, sabugo e por fim no corpo da planta (Tabela 17). A taxa de incremento foi de 0,56 kg ha^{-1} (21,62 %), 0,32 kg ha^{-1} (43,84 %) e 1,31 kg ha^{-1} (22,47 %), respectivamente. Vasconcellos et al. (1998) encontraram valores de P acumulados na folhas entre 2,0-3,0 kg ha^{-1} , no colmo entre 4,0-5,2 kg ha^{-1} , no pendão entre 0,1-0,2 kg ha^{-1} e nas brácteas + sabugo de 8,2-12,5 kg ha^{-1} , ficando evidente a diferença entre genótipos de milho quanto a acumulação de P.

Para o ambiente genético (Tabela 17), o híbrido resistente apresentou maior acúmulo de fósforo na folha 0,77 kg ha^{-1} (30,92 %), folha modificada 0,35 kg ha^{-1} (38,89 %), e no corpo da planta 1,87 kg ha^{-1} (33,89 %).

Extrações de P inferiores às encontradas neste trabalho foram observadas por Ferreira (2009), quando avaliou a extração parcial (nos grãos, colmos e folhas), no qual foram encontradas diferenças entre os genótipos de milho, com extração entre 6,97-14,65 kg ha^{-1} e 24,94-49,73 kg ha^{-1} . E a exportação de P pelos grãos ficou entre 0,7-9,1 kg ha^{-1} e 16,6-45,8 kg ha^{-1} , em duas safras consecutivas, com e sem deficiência hídrica, respectivamente.

Para o colmo, grãos e planta inteira houve interação entre os híbridos e proteção e nutrição foliar, onde no colmo o híbrido resistente, quando protegido, apresentou um maior acúmulo de fósforo 0,71 kg ha^{-1} (42,51 %). Já para os grãos e para a planta inteira, foi o híbrido suscetível, quando protegido que apresentou um maior acúmulo de fósforo 13,02 kg ha^{-1} (34,48 %) e 14,25 kg ha^{-1} (3,38 %), respectivamente. Para o ambiente genético, no colmo, o híbrido resistente apresentou maior acúmulo de fósforo tanto sem proteção, quanto com proteção. Para os grãos e para a planta inteira, o híbrido suscetível, quando não protegido, apresentou um menor acúmulo de fósforo. Porém,

quando o mesmo foi protegido não ocorreu diferença em relação ao híbrido resistente. Sendo assim, fica evidente a importância da proteção e nutrição foliar para o maior acúmulo de fósforo no híbrido suscetível (Tabela 17).

TABELA 17. Acúmulo de fósforo em (kg ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	3,07	3,44	3,26 a	1,67 aB	2,38 aA	2,03
Suscetível	2,12	2,86	2,49 b	1,20 bA	1,35 bA	1,23
Média	2,59 B	3,15 A		1,44	1,86	
$\text{CV (\%)} = 13,76; \text{W} = 0,94;$ $F_{\text{Levene}} = 0,92; F_{\text{não aditividade}} = 0,45$			$\text{CV (\%)} = 17,04; \text{W} = 0,98;$ $F_{\text{Levene}} = 2,86; F_{\text{não aditividade}} = 0,09$			
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	1,25	1,24	1,25 a	0,72	1,06	0,89 a
Suscetível	0,88	0,92	0,90 b	0,74	1,06	0,89 a
Média	1,07 A	1,08 A		0,73 B	1,05 A	
$\text{CV (\%)} = 28,87; \text{W} = 0,95;$ $F_{\text{Levene}} = 1,36; F_{\text{não aditividade}} = 0,11$			$\text{CV (\%)} = 30,25; \text{W} = 0,96;$ $F_{\text{Levene}} = 1,33; F_{\text{não aditividade}} = 0,31$			
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	6,72	8,12	7,42 a	45,75 aA	48,64 aA	
Suscetível	4,94	6,16	5,55 b	37,76 bB	50,78 aA	
Média	5,83 B	7,14 A		41,75	49,71	
$\text{CV (\%)} = 12,87; \text{W} = 0,96;$ $F_{\text{Levene}} = 0,12; F_{\text{não aditividade}} = 0,60$			$\text{CV (\%)} = 13,13; \text{W} = 0,97;$ $F_{\text{Levene}} = 1,04; F_{\text{não aditividade}} = 0,01$			
Híbrido ¹	Planta Inteira					
	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	52,46 aA	56,76 aA	54,61			
Suscetível	42,69 bB	56,94 aA	49,82			
Média	47,58	56,85				
$\text{CV (\%)} = 12,53; \text{W} = 0,98;$ $F_{\text{Levene}} = 0,86; F_{\text{não aditividade}} = 0,13$						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey ($F_{\text{não aditividade}}$), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Os valores médios de P acumulado pela planta inteira ($52,22 \text{ kg ha}^{-1}$) foram intermediários aos encontrados por Vasconcellos et al. (1998): $51,4$ - $84,5 \text{ kg ha}^{-1}$ e

superiores aos observados por Andrade et al. (1975): 31,0 kg ha⁻¹, Furlani et al. (1977): 14,58 kg ha⁻¹, Vasconcellos et al. (1983): 15-24 kg ha⁻¹, Hiroce et al. (1989): 22,54 kg ha⁻¹, Bull (1993): 39,0 kg ha⁻¹ e Duarte et al. (2003): 25,0 kg ha⁻¹. E ainda, segundo Ritchie et al. (2003), a absorção de fósforo continua até próximo da maturidade, assim como Von Pinho et al. (2009) observaram que as cultivares de milho acumularam fósforo até próximo à maturidade fisiológica, quando foram obtidos os acúmulos máximos. As quantidades totais de P acumulado na planta foram de 92 e 76 kg ha⁻¹ de P, resultados estes superiores ao encontrado neste trabalho 52,22 kg ha⁻¹.

O acúmulo médio de fósforo nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem nutrição e proteção foliar, segue a seguinte ordem decrescente: grãos 45,74 kg ha⁻¹ (87,59%) > folha 2,88 kg ha⁻¹ (5,52 %) > colmo 1,63 kg ha⁻¹ (3,12%) > folha modificada 1,08 kg ha⁻¹ (2,07%) > sabugo 0,89 kg ha⁻¹ (1,70%), ou seja, a planta inteira tem uma acumulação de 52,22 kg ha⁻¹ fósforo, sendo que, deste total, 45,74 kg ha⁻¹ (87,59%) é exportado pelos grãos e 6,48 kg ha⁻¹ (12,41%) que constitui o corpo da planta fica no campo (Tabela 17).

Ritchie et al. (2003) determinaram que do total do P absorvido pelas plantas na fase de maturidade fisiológica, aproximadamente 75% ficam concentrados nos grãos, 10% nas folhas, 7% no colmo, 3% em sabugo, haste e cabelo, 3% nas bainhas das folhas e 2% em palhas e bonecas de inserção mais baixa.

Vasconcellos et al. (1998) determinaram a seguinte ordem média de acumulação de P: grãos > brácteas + sabugo > colmo > folha > pendão. E a exportação de P pelos grãos ficou entre 41 kg ha⁻¹ (80%) e 72 kg ha⁻¹ (85%), semelhantes a exportação encontrada neste trabalho. Porém, com a exportação pelos grãos em (kg ha⁻¹ e %) superiores aos resultados de Vasconcellos et al. (1983), que estão entre 12,92 kg ha⁻¹ (76%) e 19,92 kg ha⁻¹ (83%) para um dos genótipos e entre 10,65 kg ha⁻¹ (71%) e 19,32 kg ha⁻¹ (84%) para o outro genótipo, sem e com irrigação, respectivamente.

Quando foram utilizadas proteção e nutrição foliar (Tabela 18), o acúmulo de potássio (K) na folha obteve um aumento de 3,9 kg ha⁻¹ (14,36 %), enquanto na folha modificada e no sabugo não foram observadas diferenças entre ausência e presença de proteção e nutrição foliar. Vasconcellos et al. (1998) encontraram valores de K acumulados na folhas entre 5,0-14,0 kg ha⁻¹, no colmo entre 25,0-42,0 kg ha⁻¹, no pendão entre 0,03-0,05 kg ha⁻¹, nas brácteas de 4,0-6,0 kg ha⁻¹ e no sabugo de 2,0-5,0 kg ha⁻¹, ficando evidente a diferença entre genótipos de milho quanto a acumulação de K.

Para o ambiente genético (Tabela 18), o híbrido suscetível apresentou incremento no acúmulo de potássio na folha de $5,2 \text{ kg ha}^{-1}$ (19,62 %), no sabugo de $5,74 \text{ kg ha}^{-1}$ (48,60 %), enquanto na folha modificada não foi apresentada diferença.

TABELA 18. Acúmulo de potássio em (kg ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	24,48	28,52	26,50 b	86,59 aB	99,15 aA	92,87
Suscetível	29,81	33,58	31,70 a	73,23 bB	111,12 aA	92,18
Média	27,15 B	31,05 A		79,91	105,14	
$\text{CV (\%)} = 14,47; \text{W} = 0,99;$ $F_{\text{Levene}} = 1,23; F_{\text{não aditividade}} = 0,29$			$\text{CV (\%)} = 12,80; \text{W} = 0,95;$ $F_{\text{Levene}} = 0,46; F_{\text{não aditividade}} = 0,77$			
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	17,49	17,47	17,48 a	11,49	12,13	11,81 b
Suscetível	20,40	20,19	20,30 a	16,54	18,57	17,55 a
Média	18,94 A	18,82 A		14,02 A	15,35 A	
$\text{CV (\%)} = 21,73; \text{W} = 0,95;$ $F_{\text{Levene}} = 2,01; F_{\text{não aditividade}} = 4,03$			$\text{CV (\%)} = 20,51; \text{W} = 0,97;$ $F_{\text{Levene}} = 2,81; F_{\text{não aditividade}} = 13,25$			
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	140,05 aB	157,26 bA	148,66	82,84 aA	84,40 bA	83,62
Suscetível	139,99 aB	183,46 aA	161,73	68,59 bB	96,86 aA	82,73
Média	140,02	170,36		75,71	90,63	
$\text{CV (\%)} = 10,41; \text{W} = 0,96;$ $F_{\text{Levene}} = 0,98; F_{\text{não aditividade}} = 0,14$			$\text{CV (\%)} = 11,65; \text{W} = 0,96;$ $F_{\text{Levene}} = 0,95; F_{\text{não aditividade}} = 0,21$			
Híbrido ¹	Planta Inteira					
	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	222,89 aA	241,66 bA	232,28			
Suscetível	208,58 ab	280,33 aA	244,45			
Média	215,74	260,99				
$\text{CV (\%)} = 9,50; \text{W} = 0,98;$ $F_{\text{Levene}} = 2,44; F_{\text{não aditividade}} = 0,01$						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey ($F_{\text{não aditividade}}$), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

No colmo, corpo da planta, nos grãos e na planta inteira houve interação entre os híbridos e proteção e nutrição foliar (Tabela 18). No colmo, tanto o híbrido resistente,

quanto o híbrido suscetível, quando protegidos, apresentaram um maior acúmulo de potássio $12,56 \text{ kg ha}^{-1}$ (14,51 %) e $37,89 \text{ kg ha}^{-1}$ (51,74 %), respectivamente. Assim como para o corpo da planta, no qual o aumento foi de $17,21 \text{ kg ha}^{-1}$ (12,29 %) para o híbrido resistente e $43,47 \text{ kg ha}^{-1}$ (31,05 %) para o híbrido suscetível.

Para o ambiente genético (Tabela 18), no colmo, o híbrido resistente apresentou maior acúmulo de potássio $13,36 \text{ kg ha}^{-1}$ (18,24 %), quando não foram realizadas a proteção e nutrição foliar. No entanto, quando foram realizadas a proteção e nutrição foliar não foi observada a diferença entre os híbridos. Nos grãos, o híbrido resistente apresentou um maior acúmulo de potássio $14,25 \text{ kg ha}^{-1}$ (20,77 %) quando não foram realizada a proteção e nutrição foliar, contudo, quando estas foram realizadas, foi o híbrido suscetível que apresentou incremento no acúmulo de potássio $12,46 \text{ kg ha}^{-1}$ (14,76 %). Para o corpo da planta e para a planta inteira, quando realizadas a proteção e nutrição foliar, foi o híbrido suscetível que apresentou incremento no acúmulo de potássio de $26,20 \text{ kg ha}^{-1}$ (16,66 %) e $38,67 \text{ kg ha}^{-1}$ (16,00 %), respectivamente.

Extrações de K inferiores às encontradas neste trabalho foram observadas por Ferreira (2009), quando avaliou a extração parcial (nos grãos, colmos e folhas), no qual foram encontradas diferenças entre os genótipos de milho, com extração entre $94,3$ - $142,8 \text{ kg ha}^{-1}$ e $141,2$ - $213,3 \text{ kg ha}^{-1}$. E a exportação de K pelos grãos ficou entre $0,8$ - $11,6 \text{ kg ha}^{-1}$ e $32,9$ - $91,8 \text{ kg ha}^{-1}$, em duas safras consecutivas, com e sem deficiência hídrica, respectivamente.

Já para os grãos e para a planta interia, foi o híbrido suscetível quando protegido que apresentou um maior acúmulo de potássio $28,27 \text{ kg ha}^{-1}$ (41,22 %) e $71,75 \text{ kg ha}^{-1}$ (34,40 %), respectivamente (Tabela 18).

Os valores médios de K acumulado pela planta inteira ($238,38 \text{ kg ha}^{-1}$) foram superiores aos encontrados por Vasconcellos et al. (1998): $55,0$ - $90,0 \text{ kg ha}^{-1}$, Andrade et al. (1975): $218,24 \text{ kg ha}^{-1}$, Furlani et al. (1977): $127,16 \text{ kg ha}^{-1}$, Vasconcellos et al. (1983): 34 - 53 kg ha^{-1} , Hiroce et al. (1989): $86,24 \text{ kg ha}^{-1}$, Bull (1993): $196,0 \text{ kg ha}^{-1}$ e Duarte et al. (2003): $162,0 \text{ kg ha}^{-1}$. Ritchie et al. (2003) destacaram que a absorção de potássio é completada logo após o florescimento, ao contrário do encontrado por Von Pinho et al. (2009) onde o acúmulo de potássio ocorreu até próximo à maturidade fisiológica, quando foram obtidos os acúmulos máximos. As quantidades totais de K acumulado na planta foram de 312 e 316 kg ha^{-1} de K, resultados estes superiores ao encontrado neste trabalho: $238,38 \text{ kg ha}^{-1}$ (VON PINHO et al., 2009).

O acúmulo médio de potássio nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem nutrição e proteção foliar, segue a seguinte ordem decrescente: colmo 92,53 kg ha⁻¹ (38,82%) > grãos 83,18 kg ha⁻¹ (34,89%) > folha 29,10 kg ha⁻¹ (12,21%) > folha modificada 18,89 kg ha⁻¹ (7,92%) > sabugo 14,68 kg ha⁻¹ (6,16%), ou seja, a planta inteira tem uma acumulação de 238,38 kg ha⁻¹ potássio, sendo que, deste total, 83,18 kg ha⁻¹ (34,89%) é exportado pelos grãos e 155,20 kg ha⁻¹ (65,11%) que constitui o corpo da planta fica no campo (Tabela 18).

Esses resultados, com relação ao K, corroboram com Ritchie et al. (2003), diferentemente dos outros elementos (N e P), a maior concentração está presente na estrutura vegetativa da planta, onde aproximadamente 35% concentram-se nos grãos, 5% nas folhas, 30% no colmo, 10% em sabugo, haste e cabelo, 10% nas bainhas das folhas e 10% em palhas e bonecas de inserção mais baixa na planta.

Vasconcellos et al. (1998) determinaram a seguinte ordem média de acumulação de K: colmo > grãos > folha > brácteas > sabugo > pendão. E a exportação de K pelos grãos está entre 18 kg ha⁻¹ (33%) e 33 kg ha⁻¹ (37%), inferiores em quantidade a exportação encontrada neste trabalho em kg ha⁻¹, porém semelhantes em porcentagem (34,89%). A extração de K pelos grãos em (kg ha⁻¹) é superior aos resultados encontrados por Vasconcellos et al. (1983), que estão entre 13,94 kg ha⁻¹ (41%) e 24,51 kg ha⁻¹ (57%) para um dos genótipos e entre 12,24 kg ha⁻¹ (34%) e 22,79 kg ha⁻¹ (43%) para o outro genótipo, sem e com irrigação, respectivamente.

A aplicação da proteção e nutrição foliar provocou aumento do acúmulo de cálcio (Ca) nas folhas, colmo, no corpo da planta e na planta inteira (Tabela 19). A taxa de incremento foi de 3,49 kg ha⁻¹ (22,72 %) nas folhas, 0,75 kg ha⁻¹ (26,60 %) no colmo, 3,8 kg ha⁻¹ (17,91 %) no corpo da planta e 3,96 kg ha⁻¹ (9,58 %) na planta inteira. Vasconcellos et al. (1998) encontraram valores de Ca acumulados nas diferentes partes da planta de milho, superiores aos valores encontrados neste trabalho. Os acúmulos de Ca nas folhas estão entre 18,0-25,0 kg ha⁻¹, no colmo entre 18,5-27,3 kg ha⁻¹, no pendão entre 0,7-1,0 kg ha⁻¹, nas brácteas + sabugo de 41,0-52,3 kg ha⁻¹, sendo observada diferença entre genótipos de milho quanto a acumulação de Ca.

Para o ambiente genético (Tabela 19), o híbrido resistente apresentou maior acúmulo de cálcio nas folhas de 3,08 kg ha⁻¹ (19,78 %), na folha modificada de 0,70 kg ha⁻¹ (30,04 %), no corpo da planta de 3,68 kg ha⁻¹ (16,97 %), nos grãos de 6,88 kg ha⁻¹ (42,10 %) e na planta inteira de 10,56 kg ha⁻¹ (27,77 %).

TABELA 19. Acúmulo de cálcio em (kg ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	17,19	20,11	18,65 a	3,02	3,69	3,36 a
Susceptível	13,53	17,60	15,57 b	2,61	3,46	3,04 a
Média	15,36 B	18,85 A		2,82 B	3,57 A	
CV (%) = 10,91; W = 0,93 ; $F_{\text{Levene}} = 2,09$; $F_{\text{não aditividade}} = 1,25$			CV (%) = 23,90; W = 0,95 ; $F_{\text{Levene}} = 1,36$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,33$			
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	2,77	3,28	3,03 a	0,22 bB	0,45 bA	0,34
Susceptível	2,27	2,39	2,33 b	0,83 aA	0,66 aB	0,75
Média	2,52 A	2,84 A		0,53	0,56	
CV (%) = 17,61; W = 0,98 ; $F_{\text{Levene}} = 0,63$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,31$			CV (%) = 30,14; W = 0,97 ; $F_{\text{Levene}} = 1,19$; $F_{\text{não aditividade}} = 1,51$			
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	23,20	27,53	25,36 a	23,06	23,38	23,22 a
Susceptível	19,25	24,11	21,68 b	17,13	15,55	16,34 b
Média	21,22 B	25,02 A		20,09 A	19,46 A	
CV (%) = 11,58; W = 0,92 ; $F_{\text{Levene}} = 1,85$; $F_{\text{não aditividade}} = 1,29$			CV (%) = 17,59; W = 0,96 ; $F_{\text{Levene}} = 0,63$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,21$			
Híbrido ¹	Planta Inteira					
	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	46,25	50,91	48,58 a			
Susceptível	36,38	39,66	38,02 b			
Média	41,32 B	45,28 A				
CV (%) = 11,91; W = 0,92 ; $F_{\text{Levene}} = 0,65$; $F_{\text{não aditividade}} = 1,87$						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey ($F_{\text{não aditividade}}$), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Para o sabugo, houve interação entre os híbridos e proteção e nutrição foliar (Tabela 19). O híbrido suscetível quando não foi protegido apresentou maior acúmulo de cálcio $0,83 \text{ kg ha}^{-1}$. A taxa de incremento foi de $0,63 \text{ kg ha}^{-1}$ de cálcio (277,27 %) em relação ao híbrido resistente e $0,17 \text{ kg ha}^{-1}$ de cálcio (25,76 %) em relação à ausência de proteção.

Os valores médios de Ca acumulados pela planta inteira ($43,30 \text{ kg ha}^{-1}$) foram intermediários aos encontrados por Vasconcellos et al. (1998): $42,1$ - $53,9 \text{ kg ha}^{-1}$ e superiores aos encontrados por Andrade et al. (1975): $34,72 \text{ kg ha}^{-1}$, Furlani et al. (1977): $37,4 \text{ kg ha}^{-1}$, Vasconcellos et al. (1983): 19 - 24 kg ha^{-1} , Hiroce et al. (1989): $20,58 \text{ kg ha}^{-1}$, Bull (1993): $40,0 \text{ kg ha}^{-1}$ e Duarte et al. (2003): $24,0 \text{ kg ha}^{-1}$. E ainda, segundo Von Pinho et al. (2009), cultivares de milho acumulam cálcio até próximo à maturidade fisiológica, quando são obtidos os acúmulos máximos. As quantidades totais de Ca acumulado na planta, aos 141 dias após a emergência, foram de 61 e 60 kg ha^{-1} de Ca, resultados estes superiores ao encontrado neste trabalho: $43,30 \text{ kg ha}^{-1}$.

O acúmulo médio de cálcio nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem nutrição e proteção foliar, segue a seguinte ordem decrescente: grãos $19,78 \text{ kg ha}^{-1}$ (45,68 %) > folha $17,10 \text{ kg ha}^{-1}$ (39,49%) > colmo $3,19 \text{ kg ha}^{-1}$ (7,37%) > folha modificada $2,68 \text{ kg ha}^{-1}$ (6,19%) > sabugo $0,55 \text{ kg ha}^{-1}$ (1,27%), ou seja, a planta inteira tem uma acumulação de $43,30 \text{ kg ha}^{-1}$ cálcio, sendo que, deste total, $19,78 \text{ kg ha}^{-1}$ (45,68 %) é exportado pelos grãos e $23,52 \text{ kg ha}^{-1}$ (54,32%) que constitui o corpo da planta fica no campo (Tabela 19).

Vasconcellos et al. (1998) determinaram a seguinte ordem média de acumulação de Ca: brácteas + sabugo > colmo > folha > grãos > pendão. A exportação de Ca pelos grãos está entre $1,1 \text{ kg ha}^{-1}$ (3%) e $2,7 \text{ kg ha}^{-1}$ (5%), muito inferiores a exportação encontrada neste trabalho $19,78 \text{ kg ha}^{-1}$ (45,68%). A exportação de Ca pelos grãos em (kg ha^{-1}) é muito superior aos resultados de Vasconcellos et al. (1983), que estão entre $0,34 \text{ kg ha}^{-1}$ (2%) e $0,57 \text{ kg ha}^{-1}$ (3%) para um dos genótipos e entre 0 kg ha^{-1} (0%) e $0,24 \text{ kg ha}^{-1}$ (1%) para o outro genótipo, sem e com irrigação, respectivamente.

Extrações de Ca inferiores às encontradas neste trabalho também foram observadas por Ferreira (2009), quando avaliou a extração parcial (nos grãos, colmos e folhas), e observou diferenças entre os genótipos de milho, com extração entre $11,85$ - $16,19 \text{ kg ha}^{-1}$ e $6,41$ - $19,88 \text{ kg ha}^{-1}$. E a exportação de Ca pelos grãos ficou entre $0,09$ - $1,83 \text{ kg ha}^{-1}$ e $0,51$ - $1,55 \text{ kg ha}^{-1}$, em duas safras consecutivas, com e sem deficiência hídrica, respectivamente.

A aplicação da proteção e nutrição foliar promoveu aumento no acúmulo de magnésio (Mg) nas folhas, colmo, sabugo, no corpo da planta e na planta inteira (Tabela 20).

TABELA 20. Acúmulo de magnésio em (kg ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	7,97	9,05	8,51 a	3,82	5,04	4,43 b
Suscetível	7,99	9,18	8,58 a	4,35	5,94	5,15 a
Média	7,98 B	9,11 A		4,09 B	5,49 A	
$\text{CV} (\%) = 11,76; \text{W} = 0,97;$ $F_{\text{Levene}} = 1,17; F_{\text{não aditividade}} = 1,25$			$\text{CV} (\%) = 19,19; \text{W} = 0,97;$ $F_{\text{Levene}} = 1,62; F_{\text{não aditividade}} = 2,18$			
Folha Modificada						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	3,17	3,72	3,44 a	0,44	0,94	0,69 b
Suscetível	2,62	3,34	2,98 b	0,69	1,21	0,96 a
Média	2,89 A	3,53 A		0,57 B	1,08 A	
$\text{CV} (\%) = 17,61; \text{W} = 0,98;$ $F_{\text{Levene}} = 1,19; F_{\text{não aditividade}} = 2,97$			$\text{CV} (\%) = 25,87; \text{W} = 0,99;$ $F_{\text{Levene}} = 1,24; F_{\text{não aditividade}} = 4,58$			
Corpo da planta						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	15,39	18,75	17,07 a	14,44 aA	15,19 aA	14,81
Suscetível	16,65	19,68	17,66 a	10,72 bB	14,57 aA	12,65
Média	15,52 B	19,21 A		12,58	14,88	
$\text{CV} (\%) = 13,01; \text{W} = 0,96;$ $F_{\text{Levene}} = 1,55; F_{\text{não aditividade}} = 0,14$			$\text{CV} (\%) = 14,45; \text{W} = 0,99;$ $F_{\text{Levene}} = 1,18; F_{\text{não aditividade}} = 0,00$			
Planta Inteira						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	29,82	33,94	31,88 a			
Suscetível	26,37	34,25	30,31 a			
Média	28,10 B	34,09 A				
$\text{CV} (\%) = 11,84; \text{W} = 0,97;$ $F_{\text{Levene}} = 2,44; F_{\text{não aditividade}} = 0,04$						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey ($F_{\text{não aditividade}}$), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

A taxa de incremento foi de $1,13 \text{ kg ha}^{-1}$ (14,16 %) nas folhas, $1,4 \text{ kg ha}^{-1}$ (34,23 %) no colmo, $0,51 \text{ kg ha}^{-1}$ (89,47 %) no sabugo, $3,69 \text{ kg ha}^{-1}$ (23,78 %) no corpo da planta e $5,99 \text{ kg ha}^{-1}$ (21,32 %) na planta inteira (Tabela 20). Vasconcellos et al. (1998) encontraram valores de Mg acumulados na folhas entre $4,2$ - $7,7 \text{ kg ha}^{-1}$, inferiores aos valores encontrados neste trabalho, contudo nas demais partes da planta, os valores foram superiores aos encontrados neste trabalho, no colmo entre $9,9$ - $12,6 \text{ kg ha}^{-1}$, no

pendão entre 0,2-0,3 kg ha⁻¹, nas brácteas + sabugo de 19,0-24,6 kg ha⁻¹, observando diferença entre genótipos de milho quanto a acumulação de Mg.

Para o ambiente genético (Tabela 20), o híbrido suscetível apresentou maior incremento no acúmulo de magnésio no colmo de 0,72 kg ha⁻¹ (16,25 %) e 0,27 kg ha⁻¹ (39,13 %) no sabugo, enquanto, o híbrido resistente apresentou um maior incremento na folha modificada de 0,46 kg ha⁻¹ (15,43 %).

Para os grãos, houve interação entre os híbridos e proteção e nutrição foliar (Tabela 20). A proteção e nutrição foliar promoveram maior acúmulo de magnésio para o híbrido suscetível 14,57 kg ha⁻¹ e a taxa de incremento foi de 3,85 kg ha⁻¹ de magnésio (35,91 %). Na ausência de proteção e nutrição foliar, o híbrido resistente apresentou um maior acúmulo de magnésio 14,44 kg ha⁻¹. A taxa de incremento foi de 3,72 kg ha⁻¹ de magnésio (34,70 %) em relação ao híbrido suscetível.

Os valores médios de Mg acumulado pela planta inteira (31,10 kg ha⁻¹) foram inferiores aos encontrados por Vasconcellos et al. (1998): 39,9-55,1 kg ha⁻¹, Andrade et al. (1975): 35,96 kg ha⁻¹, Bull (1993): 44,0 kg ha⁻¹ e Duarte et al. (2003): 41,0 kg ha⁻¹. E superiores aos encontrados por Furlani et al. (1977): 14,96 kg ha⁻¹, Vasconcellos et al. (1983): 11-16 kg ha⁻¹, e Hiroce et al. (1989): 22,54 kg ha⁻¹. E ainda, segundo Von Pinho et al. (2009), cultivares de milho acumularam magnésio até próximo à maturidade fisiológica, quando foram obtidos os acúmulos máximos. As quantidades totais de Mg acumulado na planta identificadas pelos autores foram de 47,0 e 37,0 kg ha⁻¹ de Mg, resultados estes superiores ao encontrado neste trabalho 31,10 kg ha⁻¹.

O acúmulo médio de magnésio nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem nutrição e proteção foliar, segue a seguinte ordem decrescente: grãos 13,73 kg ha⁻¹ (44,15%) > folha 8,55 kg ha⁻¹ (27,49%) > colmo 4,79 kg ha⁻¹ (15,40%) > folha modificada 3,21 kg ha⁻¹ (10,32%) > sabugo 0,82 kg ha⁻¹ (2,64%), ou seja, a planta inteira tem uma acumulação de 31,10 kg ha⁻¹ magnésio, sendo que, deste total, 13,73 kg ha⁻¹ (44,15%) é exportado pelos grãos e 17,37 kg ha⁻¹ (55,85%) que constitui o corpo da planta fica no campo (Tabela 20).

Vasconcellos et al. (1998) determinaram a seguinte ordem média de acumulação de Mg: grãos > brácteas + sabugo > colmo > folha > pendão. E a exportação de Mg pelos grãos ficou entre 17,1 kg ha⁻¹ (44%) e 30,5 kg ha⁻¹ (56%), superiores a exportação encontrada neste trabalho (13,73) kg ha⁻¹, porém semelhantes em porcentagem (44,15%). A exportação de Mg pelos grãos em (kg ha⁻¹), determinadas neste trabalho 13,73 kg ha⁻¹ (44,15%), foi superior aos resultados encontrados por Vasconcellos et al.

(1983), no entanto, semelhantes em (%), ficando entre $4,73 \text{ kg ha}^{-1}$ (43%) e $7,0 \text{ kg ha}^{-1}$ (50%) para um dos genótipos e entre $4,2 \text{ kg ha}^{-1}$ (35%) e $7,2 \text{ kg ha}^{-1}$ (45%) para o outro genótipo, sem e com irrigação, respectivamente.

Extrações de Mg inferiores às encontradas neste trabalho também foram observadas por Ferreira (2009), quando avaliou a extração parcial (nos grãos, colmos e folhas), e encontrou diferenças entre os genótipos de milho, com extração entre $11,60$ - $16,98 \text{ kg ha}^{-1}$ e $10,90$ - $19,71 \text{ kg ha}^{-1}$. E a exportação de Mg pelos grãos ficou entre $0,30$ - $5,1 \text{ kg ha}^{-1}$ e $3,9$ - $10,10 \text{ kg ha}^{-1}$, em duas safras consecutivas, com e sem deficiência hídrica, respectivamente.

A aplicação da proteção e nutrição foliar promoveu aumento no acúmulo de enxofre (S) no sabugo (Tabela 21), sendo a taxa de incremento de $0,13 \text{ kg ha}^{-1}$ (21,31 %). Já nas outras partes da planta, a proteção e nutrição foliar não promoveram diferença no acúmulo de enxofre, assim como no corpo da planta e na planta inteira.

Para o ambiente genético (Tabela 21), o híbrido resistente apresentou maior acúmulo de enxofre na folha ($4,49 \text{ kg ha}^{-1}$), colmo ($1,54 \text{ kg ha}^{-1}$), folha modificada ($1,29 \text{ kg ha}^{-1}$) e no sabugo ($0,75 \text{ kg ha}^{-1}$), sendo a taxa de incremento de $0,98 \text{ kg ha}^{-1}$ (27,92%) na folha, $0,41 \text{ kg ha}^{-1}$ (26,62%) no colmo, $0,52 \text{ kg ha}^{-1}$ (67,53%) na folha modificada e $0,15 \text{ kg ha}^{-1}$ (25,00%) no sabugo.

Os valores médios de S acumulado pela planta inteira ($14,85 \text{ kg ha}^{-1}$) foram superiores aos encontrados por Hiroce et al. (1989): $12,74 \text{ kg ha}^{-1}$ e Duarte et al. (2003): $11,0 \text{ kg ha}^{-1}$. No entanto, inferiores aos encontrados por Andrade et al. (1975): $32,24 \text{ kg ha}^{-1}$, Furlani et al. (1977): $57,8 \text{ kg ha}^{-1}$, Bull (1993): $21,0 \text{ kg ha}^{-1}$ e Von Pinho et al. (2009): 30 e 24 kg ha^{-1} de S.

TABELA 21. Acúmulo de enxofre em (kg ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	4,65	4,33	4,49 a	1,59	1,49	1,54 a
Suscetível	3,46	3,55	3,51 b	1,21	1,05	1,13 b
Média	4,06 A	3,94 A		1,40 A	1,27 A	
$\text{CV} (\%) = 19,89; \text{W} = 0,88;$ $F_{\text{Levene}} = 0,39; F_{\text{não aditividade}} = 4,34$			$\text{CV} (\%) = 16,61; \text{W} = 0,97;$ $F_{\text{Levene}} = 1,39; F_{\text{não aditividade}} = 0,10$			
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	1,32	1,27	1,29 a	0,70	0,81	0,75 a
Suscetível	0,77	0,77	0,77 b	0,52	0,67	0,60 b
Média	1,04 A	1,02 A		0,61 B	0,74 A	
$\text{CV} (\%) = 18,59; \text{W} = 0,98;$ $F_{\text{Levene}} = 2,87; F_{\text{não aditividade}} = 0,08$			$\text{CV} (\%) = 23,26; \text{W} = 0,94;$ $F_{\text{Levene}} = 0,22; F_{\text{não aditividade}} = 0,00$			
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	8,26	7,90	8,08 a	7,30	8,00	7,65 a
Suscetível	5,96	6,05	6,00 a	7,37	8,58	7,97 a
Média	7,11 A	6,97 A		7,33 A	8,29 A	
$\text{CV} (\%) = 15,20; \text{W} = 0,92;$ $F_{\text{Levene}} = 0,27; F_{\text{não aditividade}} = 0,24$			$\text{CV} (\%) = 26,24; \text{W} = 0,96;$ $F_{\text{Levene}} = 0,24; F_{\text{não aditividade}} = 0,79$			
Híbrido ¹	Planta Inteira					
	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	15,56	15,89	15,73 a			
Suscetível	13,33	14,62	13,98 a			
Média	14,44 A	15,26 A				
$\text{CV} (\%) = 17,47; \text{W} = 0,96;$ $F_{\text{Levene}} = 0,61; F_{\text{não aditividade}} = 0,33$						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey ($F_{\text{não aditividade}}$), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

O acúmulo médio de enxofre nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem nutrição e proteção foliar, segue a seguinte ordem decrescente: grãos 7,81 kg ha^{-1} (52,59 %) > folha 4,0 kg ha^{-1} (26,94%) > colmo 1,34 kg ha^{-1} (9,02%) > folha modificada 1,03 kg ha^{-1} (6,94%) > sabugo 0,67 kg ha^{-1} (4,51%), ou seja, a planta inteira tem uma acumulação de 14,85 kg ha^{-1} enxofre, sendo que, deste total, 7,81 kg ha^{-1} (52,59 %) é exportado pelos grãos e 7,04 kg ha^{-1} (47,41%) que constitui o corpo da planta fica no campo (Tabela 21).

4.5 Acúmulo de micronutrientes

A proteção e nutrição foliar promoveram aumento no acúmulo de boro (B) somente no sabugo (Tabela 22), sendo a taxa de incremento de $2,22 \text{ g ha}^{-1}$ (37,44 %). Para o ambiente genético, o híbrido resistente apresentou maior acúmulo de boro na folha, folha modificada e no corpo da planta, sendo a taxa de incremento de $8,66 \text{ g ha}^{-1}$ (27,28%), $5,42 \text{ g ha}^{-1}$ (78,43%), $11,35 \text{ g ha}^{-1}$ (19,90%), respectivamente.

TABELA 22. Acúmulo de boro em (g ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	40,57	40,23	40,40 a	9,17	9,04	9,11 a
Susceptível	31,47	32,01	31,74 b	10,02	11,66	10,84 a
Média	36,02 A	36,12 A		9,60 A	10,35 A	
CV (%) = 19,41; W = 0,98 ; F _{Levene} = 0,62 ; F _{não aditividade} = 3,10			CV (%) = 46,59; W = 0,92 ; F _{Levene} = 0,65 ; F _{não aditividade} = 5,76			
Folha Modificada						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	13,84	10,84	12,33 a	5,77	7,30	6,53 a
Susceptível	6,89	6,93	6,91 b	6,10	8,99	7,55 a
Média	10,37 A	8,88 A		5,93 B	8,15 A	
CV (%) = 41,27; W = 0,97 ; F _{Levene} = 0,20 ; F _{não aditividade} = 1,46			CV (%) = 30,17; W = 0,96 ; F _{Levene} = 2,02 ; F _{não aditividade} = 1,95			
Corpo da planta						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	69,35	67,40	68,38 a	49,51	54,84	52,18 a
Susceptível	54,48	59,59	57,03 b	44,99	58,66	51,83 a
Média	61,91 A	63,50 A		47,25 A	56,75 A	
CV (%) = 15,34; W = 0,98 ; F _{Levene} = 1,73 ; F _{não aditividade} = 3,46			CV (%) = 25,38; W = 0,97 ; F _{Levene} = 0,39 ; F _{não aditividade} = 0,001			
Planta Inteira						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	118,86	122,25	120,55 a			
Susceptível	99,47	118,25	108,86 a			
Média	109,16 A	120,25 A				
CV (%) = 15,51; W = 0,98 ; F _{Levene} = 1,67 ; F _{não aditividade} = 0,59						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey (F_{não aditividade}), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Os valores médios de B acumulado pela planta inteira ($114,17 \text{ g ha}^{-1}$) foram inferiores aos encontrados por Duarte et al. (2003): $201,0 \text{ g ha}^{-1}$ e Borges et al. (2009): 130 g ha^{-1} .

O acúmulo médio de boro nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem nutrição e proteção foliar, segue a seguinte ordem decrescente: grãos $52,00 \text{ g ha}^{-1}$ (45,34%) > folha $36,07 \text{ g ha}^{-1}$ (31,45 %) > colmo $9,97 \text{ g ha}^{-1}$ (8,69 %) > folha modificada $9,62 \text{ g ha}^{-1}$ (8,39%) > sabugo $7,04 \text{ g ha}^{-1}$ (6,13 %), ou seja, a planta inteira tem um acúmulo de $114,17 \text{ g ha}^{-1}$ boro, sendo que, deste total, $52,00 \text{ g ha}^{-1}$ (45,34%) é exportado pelos grãos e $62,70 \text{ g ha}^{-1}$ (54,66 %) que constitui o corpo da planta fica no campo (Tabela 22).

Extrações de B inferiores às encontradas neste trabalho foram observadas por Ferreira (2009), quando avaliou a extração parcial (nos grãos, colmos e folhas) em 10 genótipos de milho representados por cinco níveis tecnológicos (híbridos simples, duplos, triplos, variedades melhoradas e regionais), no qual foram encontradas diferenças entre os genótipos de milho, com extração entre $46,90$ - $82,0 \text{ g ha}^{-1}$ e a exportação pelos grãos ficou entre $0,76$ - $14,56 \text{ g ha}^{-1}$, na safra com deficiência hídrica.

A proteção e nutrição foliar promoveram aumento no acúmulo de cobre (Cu) na folha modificada, no sabugo e na planta inteira (Tabela 23), sendo a taxa de incremento de $1,55 \text{ g ha}^{-1}$ (23,59 %), $3,75 \text{ g ha}^{-1}$ (59,15 %) e $10,52 \text{ g ha}^{-1}$ (9,46 %), respectivamente. Para o ambiente genético, o híbrido resistente apresentou um maior acúmulo de cobre na folha, folha modificada e no corpo da planta, sendo a taxa de incremento de $9,06 \text{ g ha}^{-1}$ (31,76%), $3,80 \text{ g ha}^{-1}$ (69,85%), $13,50 \text{ g ha}^{-1}$ (24,41%), respectivamente.

Para o colmo, houve interação entre os híbridos e proteção e nutrição foliar (Tabela 23). A proteção e nutrição foliar promoveram maior acúmulo de cobre para o híbrido resistente $15,86 \text{ g ha}^{-1}$ e a taxa de incremento foi de $5,28 \text{ g ha}^{-1}$ de cobre (49,90 %). Na ausência de proteção e nutrição foliar, o híbrido suscetível apresentou maior acúmulo de cobre $15,66 \text{ g ha}^{-1}$. A taxa de incremento foi de $5,08 \text{ g ha}^{-1}$ de cobre (31,76 %) em relação ao híbrido resistente.

Os valores médios de Cu acumulado pela planta inteira ($116,42 \text{ g ha}^{-1}$) foram inferiores aos encontrados por Duarte et al. (2003): $125,0 \text{ g ha}^{-1}$ e Borges et al. (2009): 300 g ha^{-1} .

O acúmulo médio de cobre nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem nutrição e proteção foliar, segue a seguinte ordem decrescente: grãos $54,36 \text{ g ha}^{-1}$ (46,69 %) > folha $33,05 \text{ g ha}^{-1}$ (28,39 %) > colmo $13,46 \text{ g ha}^{-1}$ (11,56%) >

sabugo 8,21 g ha⁻¹ (7,05 %) > folha modificada 7,34 g ha⁻¹ (6,30 %), ou seja, a planta inteira tem uma acumulação de 116,42 g ha⁻¹ de cobre, sendo que, deste total, 54,36 g ha⁻¹ (46,69 %) é exportado pelos grãos e 62,06 kg ha⁻¹ (53,31 %) que constitui o corpo da planta fica no campo (Tabela 23).

TABELA 23. Acúmulo de cobre em (g ha⁻¹) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	38,38	36,78	37,58 a	10,58 bB	15,86 aA	13,22
Suscetível	28,79	28,25	28,52 b	15,66 aA	11,72 aA	13,69
Média	33,59 A	32,51 A		13,12	13,79	
CV (%) = 14,52; W = 0,95 ; F_{Levene} = 1,32 ; F _{não aditividade} = 0,19			CV (%) = 32,5; W = 0,97 ; F_{Levene} = 2,32 ; F _{não aditividade} = 0,05			
Folha Modificada						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	8,09	10,39	9,24 a	6,58	10,96	8,77 a
Suscetível	5,04	5,85	5,44 b	6,09	9,22	7,65 a
Média	6,57 B	8,12 A		6,34 B	10,09 A	
CV (%) = 23,55; W = 0,98 ; F_{Levene} = 0,36 ; F _{não aditividade} = 4,23			CV (%) = 23,71; W = 0,96 ; F_{Levene} = 2,15 ; F _{não aditividade} = 0,69			
Corpo da planta						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	63,64	73,99	68,81 a	51,41	52,93	52,17 a
Suscetível	55,58	55,03	55,31 b	51,69	61,41	56,55 a
Média	59,61 A	64,51 A		51,55 A	57,17 A	
CV (%) = 14,18; W = 0,95 ; F_{Levene} = 2,31 ; F _{não aditividade} = 3,38			CV (%) = 14,53; W = 0,97 ; F_{Levene} = 1,49 ; F _{não aditividade} = 1,38			
Planta Inteira						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	115,05	126,92	120,98 a			
Suscetível	107,27	116,43	111,85 a			
Média	111,16 B	121,68 A				
CV (%) = 12,28; W = 0,94 ; F_{Levene} = 2,72 ; F _{não aditividade} = 0,59						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey (F_{não aditividade}), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Extrações de Cu inferiores às encontradas neste trabalho foram observadas por Ferreira (2009), quando avaliou a extração parcial (nos grãos, colmos e folhas), o qual encontrou diferença entre os genótipos de milho, com extração entre 55,40-98,80 g ha⁻¹ e 32,50-55,20 g ha⁻¹. E a exportação de Cu pelos grãos ficou entre 1,23-21,25 g ha⁻¹ e 4,23-10,63 g ha⁻¹, em duas safras consecutivas, com e sem deficiência hídrica, respectivamente.

De acordo com os resultados apresentados na tabela 24, para o acúmulo de ferro (Fe) no sabugo e nos grãos, houve interação entre os híbridos e proteção e nutrição foliar. A proteção e nutrição foliar promoveram maior acúmulo de ferro no sabugo para o híbrido suscetível de 211,19 g ha⁻¹ e a taxa de incremento foi de 75,34 g ha⁻¹ de ferro (55,45 %), assim como para os grãos, no qual o acúmulo de ferro foi de 444,64 g ha⁻¹ e a taxa de incremento foi de 90,22 g ha⁻¹ de ferro (25,45 %).

Para o ambiente genético (Tabela 24), o híbrido resistente apresentou maior acúmulo de ferro na folha, folha modificada, no corpo da planta e na planta inteira, sendo a taxa de incremento de 1.978,29 g ha⁻¹ (73,62%), 74,41 g ha⁻¹ (38,23%), 2.041,08 g ha⁻¹ (62,74%) e 1.999,41 g ha⁻¹ (54,86%), respectivamente.

Os valores médios de Fe acumulado pela planta inteira (4.643,63 g ha⁻¹) foram inferiores aos encontrados por Duarte et al. (2003): 5.648,0 g ha⁻¹.

O acúmulo médio de ferro nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem nutrição e proteção foliar, segue a seguinte ordem decrescente: folha 3.584,20 g ha⁻¹ (77,19 %) > grãos 370,08 g ha⁻¹ (7,97 %) > colmo 299,56 g ha⁻¹ (6,45 %) > folha modificada 231,82 g ha⁻¹ (4,99%) > sabugo 157,97 g ha⁻¹ (3,40 %), ou seja, a planta inteira tem uma acumulação de 4.643,63 g ha⁻¹ ferro, sendo que, deste total, 370,08 g ha⁻¹ (7,97 %) é exportado pelos grãos e 4.273,55 g ha⁻¹ (92,03%) que constitui o corpo da planta fica no campo (Tabela 24).

Extrações de Fe inferiores e exportações semelhantes às encontradas neste trabalho foram observadas por Ferreira (2009), que observou diferença entre os genótipos de milho, com extração entre 745,0-2.156,0 g ha⁻¹ e 1.033,0-1.681,0 g ha⁻¹. E a exportação de Fe pelos grãos ficou entre 3,44-65,46 g ha⁻¹ e 181,29-381,32 g ha⁻¹, em duas safras consecutivas, com e sem deficiência hídrica, respectivamente.

TABELA 24. Acúmulo de ferro em (g ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	4830,40	4266,78	4548,59 a	315,76	361,73	338,75 a
Suscetível	2903,29	2336,31	2619,80 b	245,11	275,64	260,37 b
Média	3866,85 A	3301,54 A		280,44 A	318,68 A	
CV (%) = 25,37; W = 0,98 ; $F_{\text{Levene}} = 1,47$; $F_{\text{não aditividade}} = 1,41$			CV (%) = 23,25; W = 0,94 ; $F_{\text{Levene}} = 1,61$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,65$			
Folha Modificada						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	270,77	267,29	269,03 a	139,59 aA	135,85 bA	137,72
Suscetível	178,94	210,30	194,62 b	145,25 aB	211,19 aA	178,22
Média	224,85 A	238,80 A		142,42	173,53	
CV (%) = 32,75; W = 0,95 ; $F_{\text{Levene}} = 2,20$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,14$			CV (%) = 24,65; W = 0,98 ; $F_{\text{Levene}} = 0,81$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,71$			
Corpo da planta						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	5556,52	5031,65	5294,09 a	344,06 aA	354,42 bA	349,24
Suscetível	3472,59	3033,44	3253,01 b	337,18 aB	444,64 aA	390,91
Média	4514,54 A	4032,55 A		340,62	399,53	
CV (%) = 21,96; W = 0,98 ; $F_{\text{Levene}} = 1,23$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,74$			CV (%) = 17,71; W = 0,97 ; $F_{\text{Levene}} = 0,29$; $F_{\text{não aditividade}} = 1,72$			
Planta Inteira						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
Resistente	5900,58	5386,07	5643,33 a			
Suscetível	3809,77	3478,08	3643,92 b			
Média	4855,18 A	4432,07 A				
CV (%) = 20,17; W = 0,98 ; $F_{\text{Levene}} = 1,23$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,46$						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey ($F_{\text{não-aditividade}}$), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

A proteção e nutrição foliar promoveram aumento no acúmulo de manganês (Mn) na folha, folha modificada, no sabugo, no corpo da planta e na planta inteira (Tabela 25), sendo a taxa de incremento de $249,66 \text{ g ha}^{-1}$ (55,17 %), $20,08 \text{ g ha}^{-1}$ (47,84 %), $8,94 \text{ g ha}^{-1}$ (55,42 %), $284,92 \text{ g ha}^{-1}$ (114,67 %) e $301,3 \text{ g ha}^{-1}$ (86,06 %), respectivamente. Para o ambiente genético, o híbrido resistente apresentou maior acúmulo de manganês na folha modificada e na planta inteira, sendo a taxa de incremento de $21,16 \text{ g ha}^{-1}$ (51,07%) e $61,41 \text{ g ha}^{-1}$ (13,06%), respectivamente.

Para o colmo e para os grãos, houve interação entre os híbridos e proteção e nutrição foliar (Tabela 25). No colmo, a proteção e nutrição foliar promoveram maior acúmulo de manganês para o híbrido resistente $38,09 \text{ g ha}^{-1}$ e a taxa de incremento foi de $21,63 \text{ g ha}^{-1}$ de manganês (131,41 %). Na ausência de proteção e nutrição foliar, o híbrido suscetível apresentou maior acúmulo de manganês $42,50 \text{ g ha}^{-1}$. A taxa de incremento foi de $26,04 \text{ g ha}^{-1}$ de manganês (158,20 %) em relação ao híbrido resistente.

Para os grãos, a proteção e nutrição foliar promoveram aumento no acúmulo de manganês para o híbrido suscetível, sendo a taxa de incremento de $48,52 \text{ g ha}^{-1}$ de manganês (63,04 %). Na ausência de proteção e nutrição foliar, o híbrido resistente apresentou maior acúmulo de manganês $126,28 \text{ g ha}^{-1}$. A taxa de incremento foi de $49,31 \text{ g ha}^{-1}$ de manganês (64,06 %) em relação ao híbrido suscetível (Tabela 25).

Os valores médios de Mn acumulado pela planta inteira ($500,74 \text{ g ha}^{-1}$) foram inferiores aos encontrados por Duarte et al. (2003): $980,0 \text{ g ha}^{-1}$ e Borges et al. (2009): 700 g ha^{-1} .

O acúmulo médio de manganês nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem nutrição e proteção foliar, segue a seguinte ordem decrescente: folha $285,72 \text{ g ha}^{-1}$ (57,06%) $>$ grãos $109,81 \text{ g ha}^{-1}$ (21,93%) $>$ folha modificada $52,01 \text{ g ha}^{-1}$ (10,39 %) $>$ colmo $32,60 \text{ g ha}^{-1}$ (6,51%) $>$ sabugo $20,60 \text{ g ha}^{-1}$ (4,11%), ou seja, a planta inteira tem uma acumulação de $500,74 \text{ g ha}^{-1}$ manganês, sendo que, deste total, $109,81 \text{ g ha}^{-1}$ (21,93%) é exportado pelos grãos e $390,93 \text{ g ha}^{-1}$ (78,07%) que constitui o corpo da planta fica no campo (Tabela 25).

Extrações de Mn inferiores às encontradas neste trabalho também foram observadas por Ferreira (2009), o qual encontrou diferença entre os genótipos de milho, com extração entre $190,10$ - $296,20 \text{ g ha}^{-1}$ e $281,10$ - $471,10 \text{ g ha}^{-1}$. As exportações de Mn pelos grãos foram inferiores aos resultados encontrados neste trabalho e ficou entre $1,35$ - $23,35 \text{ g ha}^{-1}$ na safra com deficiência hídrica. Porém, na safra sem deficiência hídrica, as exportações de Mn observadas neste trabalho ($109,81 \text{ g ha}^{-1}$) foram intermediárias às determinadas por Ferreira (2009), que ficaram entre $52,56$ - $123,00 \text{ g ha}^{-1}$.

TABELA 25. Acúmulo de manganês em (g ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo			
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média	
Resistente	160,78	445,99	303,39 a	16,46 bB	38,09 aA	27,27	
Suscetível	161,00	375,11	268,06 a	42,50 aA	33,37 aA	37,93	
Média	160,89 B	410,55 A			29,48	35,72	
		CV (%) = 27,68; W = 0,90; F_{Levene} = 0,89 ; F _{não aditividade} = 49,48		CV (%) = 28,31; W = 0,98 ; F_{Levene} = 2,79 ; F _{não aditividade} = 1,35			
Híbrido ¹	Folha Modificada			Sabugo			
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média	
Resistente	49,92	75,25	62,59 a	15,31	24,32	19,82 a	
Suscetível	34,02	48,85	41,43 b	16,95	25,81	21,38 a	
Média	41,97 B	62,05 A			16,13 B	25,07 A	
		CV (%) = 17,21; W = 0,98 ; F_{Levene} = 1,09 ; F _{não aditividade} = 16,55		CV (%) = 17,13; W = 0,92 ; F_{Levene} = 2,24 ; F _{não aditividade} = 0,11			
Híbrido ¹	Corpo da planta			Grãos			
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média	
Resistente	242,47	583,64	413,06 a	126,28 aA	110,51 aA	118,39	
Suscetível	254,47	483,14	368,80 a	76,97 bB	125,49 aA	101,23	
Média	248,47 B	533,39 A			101,62	118,00	
		CV (%) = 23,41; W = 0,93 ; F_{Levene} = 0,87 ; F _{não aditividade} = 20,65		CV (%) = 24,52; W = 0,95 ; F_{Levene} = 1,09 ; F _{não aditividade} = 0,02			
Híbrido ¹	Planta Inteira						
	Sem Proteção	Com Proteção	Média				
Resistente	368,75	694,15	531,45 a				
Suscetível	331,44	608,63	470,04 b				
Média	350,09 B	651,39 A					
		CV (%) = 16,27; W = 0,94 ; F_{Levene} = 0,66 ; F _{não aditividade} = 10,97					

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey (F_{não-aditividade}), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

A proteção e nutrição foliar promoveram aumento no acúmulo de zinco (Zn) na folha, no colmo, no sabugo e no corpo da planta (Tabela 26), sendo a taxa de incremento de $8,57 \text{ g ha}^{-1}$ (17,13 %), $5,05 \text{ g ha}^{-1}$ (15,53 %), $8,23 \text{ g ha}^{-1}$ (41,57 %) e $22,16 \text{ g ha}^{-1}$ (16,60 %), respectivamente.

TABELA 26. Acúmulo de zinco em (g ha^{-1}) nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem proteção e nutrição foliar

Híbrido ¹	Folha			Colmo		
	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
Resistente	58,89	68,66	63,78 a	40,10	42,80	41,45 a
Suscetível	41,14	48,53	44,84 b	24,91	32,33	28,62 b
Média	50,02 B	58,59 A		32,51 B	37,56 A	
CV (%) = 15,11 ; W = 0,94 ; $F_{\text{Levene}} = 2,35$; $F_{\text{não aditividade}} = 5,53$			CV (%) = 19,24; W = 0,97 ; $F_{\text{Levene}} = 2,06$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,88$			
Folha Modificada				Sabugo		
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
	37,70	36,43	37,06 a	17,44	25,37	21,41 b
Resistente	24,57	26,44	25,51 b	22,15	30,69	26,42 a
Média	31,14 A	31,43 A		19,80 B	28,03 A	
CV (%) = 17,77; W = 0,97 ; $F_{\text{Levene}} = 0,36$; $F_{\text{não aditividade}} = 1,51$			CV (%) = 19,90; W = 0,95 ; $F_{\text{Levene}} = 0,67$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,20$			
Corpo da planta				Grãos		
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média	Sem Proteção	Com Proteção	Média
	154,13	173,25	163,69 a	337,83 aA	363,43 aA	350,63
Resistente	112,78	137,99	125,38 b	280,14 bB	402,03 aA	341,08
Média	133,46 B	155,62 A		308,99	382,73	
CV (%) = 14,14; W = 0,97 ; $F_{\text{Levene}} = 0,91$; $F_{\text{não aditividade}} = 4,80$			CV (%) = 14,39; W = 0,99 ; $F_{\text{Levene}} = 1,60$; $F_{\text{não aditividade}} = 0,18$			
Planta Inteira						
Híbrido ¹	Sem Proteção	Com Proteção	Média			
	491,96 aA	536,68 aA	514,32			
Resistente	392,92 bB	540,01 aA	466,47			
Média	442,44	538,35				
CV (%) = 12,95; W = 0,97 ; $F_{\text{Levene}} = 2,66$; $F_{\text{não aditividade}} = 3,01$						

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 0,05 de significância. Valores em negrito indicam normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e não aditividade, pelo teste de Tukey ($F_{\text{não aditividade}}$), a 0,01 de significância; Valores sem negrito indicam falta de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), falta de homogeneidade, pelo teste de Levene (F), e aditividade, pelo teste de Tukey, a 0,01 de significância.

Vasconcellos et al. (1998) encontraram valores de Zn acumulados nas diferentes partes das plantas muito inferiores aos encontrados neste trabalho. Os acúmulos nas folhas estão entre 0,8-1,8 g ha^{-1} , no colmo entre 2,8-3,3 g ha^{-1} , no pendão entre 0,2-0,4 g ha^{-1} , nas brácteas + sabugo de 7,0-7,8 g ha^{-1} , ficando evidente a diferença entre genótipos de milho quanto a acumulação de Zn.

Para o ambiente genético (Tabela 26), o híbrido resistente apresentou maior acúmulo de zinco na folha, no colmo, na modificada e no corpo planta, sendo a taxa de incremento de 18,94 g ha⁻¹ (42,23%), 12,83 g ha⁻¹ (44,83%), 11,55 g ha⁻¹ (45,27%) e 38,31 g ha⁻¹ (30,55%), respectivamente. Já no sabugo, foi o híbrido suscetível que apresentou um acúmulo de zinco (26,42 g ha⁻¹), com incremento de 5,01 g ha⁻¹ (23,40%).

Para os grãos e para a planta inteira, houve interação entre os híbridos e proteção e nutrição foliar (Tabela 26). Nos grãos, a proteção e nutrição foliar promoveram aumento no acúmulo de zinco para o híbrido suscetível e a taxa de incremento foi de 121,89 g ha⁻¹ de zinco (43,51 %). Na ausência de proteção e nutrição foliar, o híbrido resistente apresentou incremento no acúmulo de zinco de 57,69 g ha⁻¹ (20,59 %) em relação ao híbrido suscetível.

Assim como para a planta inteira, a proteção e nutrição foliar promoveram aumento no acúmulo de zinco para o híbrido suscetível e a taxa de incremento foi de 147,09 g ha⁻¹ de zinco (37,44 %). Na ausência de proteção e nutrição foliar, o híbrido resistente apresentou incremento no acúmulo de zinco de 99,05 g ha⁻¹ (25,20 %) em relação ao híbrido suscetível (Tabela 26).

Os valores médios de Zn acumulado pela planta inteira (490,40g ha⁻¹) foram superiores aos encontrados por Vasconcellos et al. (1983): 150-200 g ha⁻¹, Vasconcellos et al. (1998): 13,4-17,6 g ha⁻¹, Duarte et al. (2003): 331,0 g ha⁻¹ e inferiores aos valores encontrados por Borges et al. (2009): 2.050 g ha⁻¹.

Extrações de Zn inferiores às encontradas neste trabalho foram observadas por Ferreira (2009), o qual encontrou diferença entre os genótipos de milho, com extração entre 133,3-237,5 g ha⁻¹ e 179,6-349,3 g ha⁻¹. E a exportação de Zn pelos grãos ficou entre 5,76-101,01 g ha⁻¹ e 104,34-241,17 g ha⁻¹, em duas safras consecutivas, com e sem deficiência hídrica, respectivamente.

O acúmulo médio de zinco nas diferentes partes da planta de dois híbridos de milho, com e sem nutrição e proteção foliar, segue a seguinte ordem decrescente: grãos 345,86 g ha⁻¹ (70,53 %) > folha 54,31 g ha⁻¹ (11,07%) > colmo 35,03 g ha⁻¹ (7,14 %) > folha modificada 31,28 g ha⁻¹ (6,38 %) > sabugo 23,92 g ha⁻¹ (4,88 %), ou seja, a planta inteira tem uma acumulação de 490,40 g ha⁻¹ zinco, sendo que, deste total, 345,86 g ha⁻¹ (70,53 %) é exportado pelos grãos e 144,54 g ha⁻¹ (29,47 %) que constitui o corpo da planta fica no campo (Tabela 26).

Vasconcellos et al. (1998) determinou a seguinte ordem média de acumulação de Zn: grãos > brácteas + sabugo > colmo > folhas > pendão. E a exportação de Zn pelos grãos ficou entre 6,4 g ha⁻¹ (48%) e 10,2 g ha⁻¹ (59%), muito inferior à exportação encontrada neste trabalho 345,86 g ha⁻¹ (70,53 %). Assim como os resultados encontrados por Vasconcellos et al. (1983), que ficaram entre 0,07 g ha⁻¹ (46 %) e 0,11 g ha⁻¹ (54%) para um dos genótipos e entre 0,07 kg ha⁻¹ (44%) e 0,13 kg ha⁻¹ (63%) para o outro genótipo, sem e com irrigação, respectivamente.

4.6 Quantidade de nutrientes extraídos, exportados e reciclados

O conhecimento da quantidade de nutrientes extraída pela cultura do milho é de grande importância tanto para o manejo de adubação da cultura, como também para o manejo da fertilidade do solo e de culturas sucessoras ao milho, pois, na produção de grãos, uma parte dos nutrientes extraídos são exportados por eles, enquanto a outra parte é devolvida novamente ao solo pelos resíduos ou palha que fica no campo. A remoção da planta inteira para produção de silagem removerá também todos os nutrientes acumulados por ela, necessitando então, de um manejo diferenciado para esse tipo de exploração, a fim de evitar o desbalanço de nutrientes e empobrecimento rápido do solo, tendo como consequência a queda de produtividade em cultivos posteriores.

A quantidade média de macro e micronutrientes extraídos, exportados e reciclados por dois híbridos de milho com e sem proteção e nutrição foliar, são apresentados na tabela 27.

A extração média dos nutrientes (Tabela 27) seguiu a seguinte ordem decrescente: N ($252,77 \text{ kg ha}^{-1}$) > K ($238, \text{kg ha}^{-1}$) > P ($52,22 \text{ kg ha}^{-1}$) > Ca ($43,30 \text{ kg ha}^{-1}$) > Mg ($31,10 \text{ kg ha}^{-1}$) > S ($14,85 \text{ kg ha}^{-1}$) > Fe ($4.643,63 \text{ g ha}^{-1}$) > Mn ($500,74 \text{ g ha}^{-1}$) > Zn ($490,40 \text{ g ha}^{-1}$) > Cu ($116,42 \text{ g ha}^{-1}$) > B ($114,70 \text{ g ha}^{-1}$). Fica evidente a grande extração de N e K entre os macronutrientes e Fe, Mn e Zn para os micronutrientes. Apesar dos micronutrientes serem extraídos em quantidades muito menores em relação aos macronutrientes, eles são essenciais para garantir altas produtividades.

Os micronutrientes desempenham funções vitais no metabolismo das plantas, seja como parte de compostos responsáveis por processos metabólicos e/ou fenológicos, ou como ativadores enzimáticos (VITTI et al., 2014). Portanto, reduções na produtividade e até morte de plantas podem ser consequências naturais advindas de desequilíbrios nos processos metabólicos, ocasionados pela carência de micronutrientes (ORLANDO FILHO, 1993).

Segundo Duarte et al. (2003), as quantidades médias de macronutrientes acumuladas por cinco híbridos de milho foram: 204 kg ha^{-1} de N, 25 kg ha^{-1} de P, 162 kg ha^{-1} de K, 24 kg ha^{-1} de Ca, 41 kg ha^{-1} de Mg e 11 kg ha^{-1} de S, resultados estes inferiores aos valores determinados neste trabalho, com exceção ao encontrado para o Mg .

TABELA 27. Acúmulo médio de nutrientes reciclados, exportados e extraídos para produção média de 12.226,5 kg ha⁻¹ de grãos de milho

Nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----kg ha ⁻¹ -----											
Reciclados ¹	87,97	6,48	155,20	23,52	17,37	7,04	62,70	62,06	4.273,55	390,93	144,54
Exportados ²	164,79	45,74	83,18	19,78	13,73	7,81	52,00	54,36	370,08	109,81	345,56
Extraídos ³	252,77	52,22	238,38	43,30	31,10	14,85	114,70	116,42	4.643,63	500,74	490,40
----- % -----											
Reciclados ¹	34,80	12,41	65,11	54,32	55,85	47,41	54,66	53,31	92,03	78,07	29,07
Exportados ²	65,20	87,59	34,89	45,68	44,15	52,59	45,34	46,69	7,97	21,93	70,53
Extraídos ³	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

¹Corpo da Planta (folhas + colmo + folha modificada + sabugo) – Parte da planta que fica no campo; ²Grãos e ³Planta Inteira (corpo da planta + grãos)

A mesma ordem de extração, mas com valores inferiores aos determinados neste trabalho, foram determinados por Vasconcelos et al. (1983): N ($77\text{-}129 \text{ kg ha}^{-1}$) > K ($34\text{-}53 \text{ kg ha}^{-1}$) > P ($15\text{-}24 \text{ kg ha}^{-1}$) > Ca ($17\text{-}24 \text{ kg ha}^{-1}$) > Mg ($11\text{-}16 \text{ kg ha}^{-1}$). Por outro lado, a mesma ordem de extração, porém em quantidades superiores a este trabalho, foram determinadas por Von Pinho et al. (2009): N ($401 \text{ e } 327 \text{ kg ha}^{-1}$) > K ($312 \text{ e } 316 \text{ kg ha}^{-1}$) > P ($92 \text{ e } 76 \text{ kg ha}^{-1}$) > Ca ($61 \text{ e } 60 \text{ kg ha}^{-1}$) > Mg ($47 \text{ e } 37 \text{ kg ha}^{-1}$) > S ($30 \text{ e } 24 \text{ kg ha}^{-1}$) respectivamente, para os híbridos GNZ 2004 e P 30F33.

Ferreira (2009) avaliou a extração parcial (nos grãos, colmos e folhas) de macro e micronutrientes e obsevou uma ordem diferente à encontrada neste trabalho, em que a extração foi: N > K > Mg > Ca > P para a maioria dos híbridos e K > N > Ca = Mg > P para todas as variedades na safra 2005/2006. Enquanto na safra 2006/2007 foi obsevada a extração de N > K > P > Mg > Ca para a maioria dos híbridos e K > N > P > Mg > Ca para todas as variedades.

Enquanto para os micronutrientes extraídos nas duas safras, foi encontrada a mesma ordem de extração: Fe > Mn > Zn > Cu > B, com exceção dos híbridos simples que extraíram mais Zn do que Mn na safra 2005/2006 e na safra 2006/2007 sem a avaliação do B (FERREIRA, 2009). No entanto, Coelho et al. (2012) inferem que a extração segue a ordem decrescente: Fe > Zn > Mn > B > Cu > Mo.

Quantidades de micronutrientes superiores às determinadas neste trabalho foram relatadas por Duarte et al. (2003), em que as quantidades médias de micronutrientes acumuladas por cinco híbridos de milho foram: 210 g ha^{-1} de B, 125 g ha^{-1} de Cu, 5.648 g ha^{-1} de Fe, 980 g ha^{-1} de Mn e 331 g ha^{-1} de Zn, exceto para o Zn que apresentou um maior valor neste trabalho ($490,4 \text{ g ha}^{-1}$).

Para a sustentabilidade do sistema, portanto, é importante indicar a necessidade do balanço entre a quantidade de nutriente aplicada e a extraída pelas culturas, não apenas pela produtividade, mas também pela cultivar explorada (VASCONCELLOS et al., 1998).

A exportação média dos nutrientes (Tabela 27) seguiu a seguinte ordem decrescente: N ($164,79 \text{ kg ha}^{-1}$, 65,20%) > K ($83,18 \text{ kg ha}^{-1}$, 34,89 %) > P ($45,74 \text{ kg ha}^{-1}$, 87,59 %) > Ca ($19,78 \text{ kg ha}^{-1}$, 45,68 %) > Mg ($13,73 \text{ kg ha}^{-1}$, 44,15%) > S ($7,81 \text{ kg ha}^{-1}$, 52,59%) > Fe ($370,08 \text{ g ha}^{-1}$, 7,97 %) > Zn ($345,56 \text{ g ha}^{-1}$, 70,53 %) > Mn ($109,81 \text{ g ha}^{-1}$, 21,93 %) > Cu ($54,36 \text{ g ha}^{-1}$, 46,69 %) > B ($52,00 \text{ g ha}^{-1}$, 45,34%).

Ferreira (2009) encontrou a seguinte ordem de exportação para os macronutrientes: N > K > P > Mg > Ca. Este comportamento foi verificado em ambas

as safras e de maneira similar entre híbridos e variedades. Com relação a exportação de micronutrientes, observou-se a seguinte ordem: Zn > Fe > Mn > Cu > B, exceto as variedades melhoradas quanto a exportação de boro e cobre, observadas na safra 2005/2006. Enquanto na safra 2006/2007 a exportação apresentou a seguinte ordem: Fe > Zn > Mn > Cu.

Segundo Vasconcelos et al. (1983) a exportação total de nutrientes seguiu a ordem decrescente: N ($45\text{-}93 \text{ kg ha}^{-1}$) > K ($12\text{-}25 \text{ kg ha}^{-1}$) \geq P ($11\text{-}20 \text{ kg ha}^{-1}$) > Mg ($4\text{-}7 \text{ kg ha}^{-1}$) > Ca ($0,2\text{-}0,6 \text{ kg ha}^{-1}$) > Zn ($0,07\text{-}0,13 \text{ kg ha}^{-1}$), valores estes muito inferiores aos determinados neste trabalho.

Como pode ser verificado na tabela 27, os resultados mostram que grande parte dos nutrientes extraídos são exportados pelos grãos, correspondendo a quase 50% para Ca, Mg, Cu e B; e mais de 50% para o N, P, S e Zn. Toda essa exportação, tanto de macro, como de micronutrientes pelos grãos demonstra a importância do conhecimento da dinâmica dos nutrientes na planta de milho e a necessidade de reposição desses nutrientes para garantir a sustentabilidade do sistema de produção e evitar o esgotamento e consequentemente a degradação dos solos. A diferença entre a quantidade de extração total de nutrientes e a exportação pela colheita de grãos, na maturidade fisiológica, orienta-nos quanto à proporção a mais de nutrientes que são exportados quando a fitomassa é removida da área para produção de silagem.

Para a produção de silagem, o cultivo do milho promove maior exportação de nutrientes do solo quando comparado com a colheita apenas de grãos, além de que os níveis de exportação são altamente dependentes de variáveis como clima, genótipo, características de cultivo e níveis de produção obtida (UENO et al, 2011). Porém, salienta-se que os valores não se equiparam quando a lavoura é destinada à ensilagem, pois os teores de nutrientes anteriormente relacionados representam o grão e a fitomassa em estádio de completa maturação fisiológica.

Silva et al. (2010) monitoraram a fertilidade do solo por seis anos consecutivos de uma área destinada ao cultivo sucessivo de forragens de inverno (aveia preta e azevém) e verão (milho e sorgo) para a confecção de silagens e encontraram baixos níveis de condutividade elétrica na camada de 0 a 80 cm de profundidade do solo ao final dos seis anos de estudo, mesmo com o fornecimento de 100% da adubação mineral recomendada para cada cultura. Como a condutividade elétrica é um método de avaliação que pode ser correlacionado com o teor de íons na solução do solo, a obtenção de valores inferiores sugere a ocorrência de baixos teores de compostos ou de elementos

minerais solúveis em solução. Os autores concluíram que a baixa condutividade elétrica ao longo do perfil é referente ao esgotamento de nutrientes do solo devido à retirada da planta inteira, visto que o fator que mais influenciou foi o baixo teor de K disponível, sendo um indicativo da elevada exportação desse nutriente pela forragem.

Embora a produção de milho visando a colheita de grãos demande alta quantidade de nutrientes do solo, a ciclagem via decomposição da palhada remanescente reduz o déficit nutricional causado pela exportação de grãos, fato não observado quando se realiza a colheita da planta inteira para a produção de silagem (MARTIN et al., 2011). Dessa forma, a permanência dos resíduos da cultura do milho sobre o solo favorece a adição de matéria orgânica (MOS) e a manutenção do sistema de semeadura direta (SSD).

A matéria orgânica do solo, que provém da adição de palha ao sistema, atua melhorando a capacidade de retenção de água, as condições edáficas para os microrganismos, promovendo a estruturação dos solos e aumentando a sua fertilidade. Com o acúmulo de MOS, ocorre também aumento dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S) e micronutrientes na fração orgânica do solo e, nesse contexto, o SSD é responsável por elevar o estoque de MOS, contribuindo, inclusive, com o sequestro de CO₂ da atmosfera (LANGE et al., 2009).

A reciclagem média dos nutrientes (Tabela 27), ou seja, o corpo da planta que fica no campo, quando são colhidos apenas os grãos, seguiu a seguinte ordem: K (155,20 kg ha⁻¹, 65,11 %) > N (87,97 kg ha⁻¹, 34,80 %) > Ca (23,52 kg ha⁻¹, 54,32 %) > Mg (17,37 kg ha⁻¹, 55,85%) > S (7,04 kg ha⁻¹, 47,41%) > P (6,48 kg ha⁻¹, 12,41 %) > Fe (4.273,55 g ha⁻¹, 92,03 %) > Mn (390,93 g ha⁻¹, 78,07 %) > Zn (144,54 g ha⁻¹, 29,07 %) > B (62,70 g ha⁻¹, 54,66%) > Cu (62,06 g ha⁻¹, 53,31%). Como se observa, grande parte dos nutrientes extraídos pelo milho, ou seja, mais de 50 % do K, Ca, Mg, Fe, Mn, B e Cu, voltam para o campo incorporados na massa seca dos resíduos ou palha. A decomposição desse material vai possibilitar a manutenção da fertilidade desse solo e o aproveitamento pelas culturas sucessoras.

Estudos da quantidade de nutrientes disponibilizados pela palha para a cultura subsequente, bem como a velocidade com que isso ocorre, são importantes para verificar se essa fonte de nutriente, no caso a palha, será suficiente para atender totalmente ou parcialmente a demanda pela cultura seguinte, ou mesmo se há sincronismo entre a época de maior disponibilização do nutriente e de exigência pela cultura sucessora (COLONEGO et al., 2012).

Nesse sentido Colonego et al. (2012) avaliaram a persistência e a liberação de nutrientes da palha de milho durante 135 dias e foi observado que a palha se decompôs de forma contínua e uniforme ao longo do tempo. Ao final dos 135 dias de avaliação, observou-se redução de 41% da matéria seca de palha e a liberação dos nutrientes pela palha de milho foi de 60% para o K, 41% para o N, 35% para o P e 31% para o Mg. Quanto à liberação de P das palhas, observou-se que a liberação apresentou um comportamento linear crescente durante o período de avaliação e a máxima perda de N, K e Mg ocorreu nos primeiros 45 dias de avaliação.

Ainda corroborando com o assunto, Wisniewski; Holtz (1997) observaram que houve uma redução média de 49% do peso da palha de milho no período de 149 dias. Os autores atribuíram a decomposição mais lenta da palha do milho à temperatura do ar e do solo, que são menos favoráveis à decomposição no inverno, a maior relação C:N (43:1) e a maior proporção de material lignificado (colmos e sabugos). Bertol et al. (2004) verificaram redução, em dez meses, de 40% na quantidade do resíduo de milho depositado sobre o solo, e que a redução da massa de resíduos teve comportamento exponencial decrescente. Segundo os autores, após um período inicial de decomposição acelerada dos resíduos, a estimativa para redução de 90% da palha de milho seria de, aproximadamente, 1.300 dias.

A dinâmica da decomposição e a mineralização de resíduos culturais são muito complexas e influenciadas por fatores intrínsecos dos resíduos (relação C/N, C/P, C/S, C/Si, relações lignina/N e polifenóis/N) e fatores extrínsecos, como: quantidade e tipo de microrganismos (bactérias e/ou fungos), tipo de solo, pH do solo, teor de oxigênio no solo, fatores ambientais (temperatura, precipitação, evaporação e umidade do solo), além do manejo do solo e dos resíduos, promovendo assim, os ganhos e perdas dos nutrientes envolvidos no processo.

4.7 Acúmulo médio de nutrientes para produção de 1 t ha⁻¹ de grãos de milho

O manejo de nutrientes em sistemas de produção de grãos de alta intensidade exige maior nível gerencial, inclusive em relação ao manejo de nutrientes. Com a intensificação dos sistemas de produção e os níveis crescentes de produtividade somados a adubação sem critério, há uma mineração das reservas de nutrientes do sistema e o desequilíbrio entre nutrientes, resultando na limitação do potencial produtivo das lavouras (REZENDE, 2013).

Desse modo, a fertilidade do solo em sistemas intensivos deve ser realizada com o dimensionamento da adubação baseado em informações de disponibilidade de nutrientes no solo, créditos de ciclagem de nutrientes no sistema, quantidades extraídas (adubação de manutenção) e exportadas (adubação de reposição) pelas culturas, expectativa de produtividade de cada safra e eficiência de aproveitamento dos fertilizantes (REZENDE, 2013).

Nesse sentido, foram determinadas, neste trabalho, as quantidades de macro e micronutrientes necessárias para produção de uma tonelada de grãos de milho (Tabela 28), as quais foram: 20,67 kg de N; 4,27 kg de P; 19,50 kg de K; 3,54 kg de Ca; 2,54 kg de Mg; 1,21 kg de S; 9,38 g de B; 9,52 g de Cu; 379,80 g de Fe; 40,95 g de Mn e 40,10 g de Zn.

TABELA 28. Acúmulo médio de nutrientes para produção 1.000,00 kg ha⁻¹ de grãos de milho

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		kg t ⁻¹						g t ⁻¹		
20,67	4,27	19,50	3,54	2,54	1,21	9,38	9,52	379,80	40,95	40,10

Corroborando o assunto, Coelho; Franca (1995) determinaram a extração média de nutrientes em função de uma produtividade de 3,65 t ha⁻¹, as quais foram de 77 kg ha⁻¹ para o nitrogênio, 9 kg ha⁻¹ para o fósforo, 83 kg ha⁻¹ para o potássio, 10 kg ha⁻¹ para o cálcio e 10 kg ha⁻¹ para o magnésio. Enquanto, para uma produtividade de 10,15 t ha⁻¹, a extração média foi de 217 kg ha⁻¹ para o nitrogênio, 42 kg ha⁻¹ para o fósforo, 157 kg ha⁻¹ para o potássio, 32 kg ha⁻¹ para o cálcio e 33 kg ha⁻¹ para o magnésio.

Em média, para cada tonelada de grãos produzida, a planta de milho extrai do solo 24,9 kg de nitrogênio, 5,9 kg de fósforo, 26,7 kg de potássio, 6,6 kg de cálcio, 7,9 kg de magnésio, 2,5 kg de enxofre, 66,6 g de zinco, 21 g de boro e 21,2 g de cobre.

Considerando uma tonelada de grãos produzida, do total extraído do solo pela planta de milho, são exportados para os grãos 15,6 kg de nitrogênio, 4,8 kg de fósforo, 5,1 kg de potássio, 0,4 kg de cálcio, 2,2 kg de magnésio, 1,2 kg de enxofre, 24,4 g de zinco, 3,8 g de boro e 2,1 g de cobre (RITCHIE et al., 2003), resultados estes superiores aos encontrados neste trabalho.

Pauletti (2004) determinou os valores obtidos para extração e exportação, expressos em kg t^{-1} para macro e g t^{-1} para micronutrientes, respectivamente, os quais foram: N: 24,9 e 15,8; P_2O_5 : 9,9 e 8,8; K_2O : 21,8 e 5,8; Ca: 3,9 e 0,5; Mg: 4,4 e 1,5; S: 2,6 e 1,1; Fe: 236,0 e 11,6; Cu: 10,0 e 1,2; Zn: 48,0 e 27,6; B: 18,0 e 3,2; Mn: 43,0 e 6,1; Mo: 1,0 e 0,6; respectivamente.

Já Coelho (2006) relata que para uma produção de 9 t ha^{-1} de grãos são extraídos 2.100 g de Fe, 400 g de Zn, 340 g de Mn, 170 g de B, 110 g de Cu e 9 g de Mo.

Segundo Von Pinho et al. (2009), as quantidades de macronutrientes necessárias para produzir uma tonelada de grãos de milho foram: 22,3 e 27,7 kg de N; 5,3 e 5,8 kg de P; 21,3 e 23,2 kg de K; 3,6 e 3,9 kg de Ca; 2,4 e 3,5 kg de Mg; 1,3 e 1,9 kg de S, respectivamente, para os híbridos P 30F33 e GNZ 2004. Enquanto as quantidades de micronutrientes necessários são: 0,9 g B; 19-20 g Cu; 42-46 g Mn; 100-194 g Zn, respectivamente, para os híbridos P 30F33 e GNZ 2004 (BORGES, et al., 2009).

Com o conhecimento do acúmulo, extração, exportação e reciclagem de nutrientes pela cultura do milho e o monitoramento frequente do solo e da planta, é possível realizar o manejo da fertilidade do solo, a fim de manter a estabilidade e o potencial produtivo do sistema, permitindo, assim, a sustentabilidade do sistema produtivo e o máximo retorno econômico para o produtor.

5 CONCLUSÕES

A proteção e nutrição foliar aumentam a produção de massa seca de todas as partes da planta: folha, colmo, folha modificada, sabugo, corpo da planta, massa seca dos grãos e da planta inteira do híbrido suscetível.

Para o híbrido resistente, a proteção e nutrição foliar aumentam a produção de massa seca da folha, colmo, folha modificada, sabugo, corpo da planta, enquanto para a massa seca dos grãos e da planta inteira não há diferença.

Com a proteção e nutrição foliar ocorre aumento no acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn e Zn na planta inteira.

A extração média dos nutrientes segue a seguinte ordem decrescente: N (252,77 kg ha⁻¹) > K (238, kg ha⁻¹) > P (52,22 kg ha⁻¹) > Ca (43,30 kg ha⁻¹) > Mg (31,10 kg ha⁻¹) > S (14,85 kg ha⁻¹) > Fe (4.643,63 g ha⁻¹) > Mn (500,74 g ha⁻¹) > Zn (490,40 g ha⁻¹) > Cu (116,42 g ha⁻¹) > B (114,70 g ha⁻¹) .

A exportação média dos nutrientes segue a seguinte ordem: N (164,79 kg ha⁻¹, 65,20%) > K (83,18 kg ha⁻¹, 34,89 %) > P (45,74 kg ha⁻¹, 87,59 %) > Ca (19,78 kg ha⁻¹, 45,68 %) > Mg (13,73 kg ha⁻¹, 44,15%) > S (7,81 kg ha⁻¹, 52,59%) > Fe (370,08 g ha⁻¹, 7,97 %) > Zn (345,56 g ha⁻¹, 70,53 %) > Mn (109,81 g ha⁻¹, 21,93 %) > Cu (54,36 g ha⁻¹, 46,69 %) > B (52,00 g ha⁻¹, 45,34%).

As quantidades médias de nutrientes necessárias para produzir uma tonelada por hectare de grãos de milho foram: 20,67 kg de N; 4,27 kg de P; 19,50 kg de K; 3,54 kg de Ca; 2,54 kg de Mg; 1,21 kg de S; 9,38 g de B; 9,52 g de Cu; 379,80 g de Fe; 40,95 g de Mn e 40,10 g de Zn.

REFERÊNCIAS

ALVIM, K. R. T. et al. Efeito da proteção foliar com fungicida na qualidade de colmo e raiz de um híbrido de alto potencial produtivo. **Anais...** XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Goiânia – MG, 2010.

ANDRADE, F. H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.41, p.1-12, 1995.

ALVIM, K. R. T. **Influência de fungicida e adubação foliar em características agronômicas e sanitárias da cultura do milho.** 2011. 105f. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2011.

ANDRADE, A. G. de; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. de; SARRUGE, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes em cinco cultivares de milho (*Zea mays*). Crescimento. **Anais...**, Piracicaba, v. 32, p. 115-149, 1975.

BERGONCI, J. I. et al. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.7, p. 949-956, 2001.

BERTOL, I.; LEITE, D.; ZOLDAN JR, W. A.; Decomposição do resíduo de milho e variáveis relacionadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 369-375, 2004.

BOMFETI, C. A. et al. Avaliação de produtos químicos comerciais, in vitro e in vivo no controle da doença foliar, mancha branca do milho, causada por *Pantoea ananatis*. **Suma Phytopathologica**, Botucatu, v.33, n.1, p.63-67, 2007.

BORGES, I. D.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, J. L. de A. R. Acúmulo de micronutrientes em híbridos de milho em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1018-1025, jul./ago. 2009.

BRACHTVOGEL, E. L. **População de plantas e uso de piraclostrobina na cultura do milho: alterações agronômicas e fisiológicas.** 2010. 133f. Tese (Doutorado – Faculdade de Ciências Agronômicas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu - SP, 2010.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

BRINGEZU, S. et al. **Assessing Global Land Use: Balancing Consumption with Sustainable Supply.** A Report of the Working Group on Land and Soils of the International Resource Panel. UNEP, 2014.

BRITO, C. H. de et al. Redução de área foliar em milho em região tropical no Brasil e os efeitos em caracteres agronômicos. **Interciênciac**, vol. 36, núm. 4, abril, 2011, p. 291-295, Asociación Interciênciac, Venezuela.

BRITO, A. H.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, J. L. A. de R.; BAESTRE, M. Controle químico da Cercosporiose, Mancha-Branca e dos Grãos Ardidos em milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.5, p. 629-635, set/out, 2013.

BRITO, A. H. et al. Efeito da cercosporiose no rendimento de híbridos comerciais de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Lavras, v. 32, p. 472-479, 2007.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.) **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAPOS, 1993. p. 63-145.

CARVALHO, R. P. de, VON PINHO, R. G.; DAVIDE, L. M. C. Desempenho de cultivares de milho quanto à eficiência de utilização de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.10, n.2, p. 108-120, 2011.

COELHO, A. M. et al. **Nutrição e adubação do milho**. Embrapa Milho e Sorgo, Sistemas de produção 1, 2012. Disponível em: <http://www.cnpmes.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/fertilidade.htm>. Acesso em: 28 dez. 2013.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Circular técnica,78).

COELHO, A. M.; FRANCA, G. E. Seja doutor do seu milho: nutrição e adubação. **Arquivo do agrônomo**, Piracicaba, nº 2, 1995.

COLONEGO, J. C.; GIL, F. C.; ROCCO, V. F.; SANTOS, E. A. dos. Persistência e liberação de nutrientes da palha do milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 770-781, Sept./Oct. 2012.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**: Safra 2012/2013, Décimo Segundo Levantamento, setembro de 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_16_14_32_01_boletim_portugues - setembro 2013.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2013.

DUARTE, A. P. et al. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p 1-20, 2003.

DUETE, R. R. C. et al. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.161-171, 2008.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema de produção 1. Doenças. 8^a ed. **Embrapa Milho e Sorgo**, 2012. Disponível em: <http://www.cnpmes.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/doencas.htm> . Acesso em: 28 dez. 2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises química de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. rev. e ampl.. Brasilia, DF; **Embrapa informações tecnologica**, 2009, 627p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA.Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, p.412, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.

FANCELLI, A. L. Milho. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V. STIPP, S. R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: Culturas**. v.3, Piracicaba: IPNI-Brasil, 2010.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de Milho. 2 ed. Piracicaba, 2004. 360p.

FERREIRA, C. F. **Diagnose nutricional de cultivares de milho (*Zea mays L.*) de diferentes níveis tecnológicos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

FERREIRA, V. M. et al. Acúmulo e distribuição de macronutrientes em dois híbridos duplos de milho, em função da disponibilidade de água no solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.7, n.1, p. 1-17, 2008.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para o Windows versão 4.0 I: Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional biometria, São Paulo. **Anais...**, São Paulo: UFSCAR, 2000. p. 255-258.

FRANÇA, S. et al. Nitrogênio disponível ao milho: crescimento, absorção e rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.11, p.1143–1151, 2011.

FRANÇA, S.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L. M. G. Modelagem de crescimento e rendimento de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa e do acúmulo de graus-dia, com e sem irrigação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v.7, p.59-66, 1999.

FURLANI, P. R. et al. Acúmulo de macronutrientes, de silício e de matéria seca por dois híbridos simples de milho. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 22, p. 223-229, set. 1977.

GIROTTI, L. G. et al. Uso de Fungicidas para o Controle da Cercosporiose na Cultura do Milho. **Anais... XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Águas de Lindóia – SP, 2012.

HIROCE, R.; FURLANI, A. M. C.; LIMA, M. **Extração de nutrientes na colheita por populações e híbridos de milho.** Campinas: Instituto Agronômico, 1989. 24 p. (Boletim científico, 17).

IAMAMOTO M. M. Efeito de duas aplicações de fungicidas no controle de doenças foliares da cultura do milho, em Costa Rica, MS, safra 2007-08. **Anais...** Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Londrina - PR, 2008.

LANGE. A.; LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Produtividade de palha e de milho no sistema semeadura direta, em função da época da aplicação do nitrogênio no milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 1, p. 57-68, 2009.

LOPES, J. P. et al. Análise de crescimento e trocas gasosas na cultura de milho em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v.68, p.839-848, 2009.

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

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. II - Decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.1568-1582, 2012.

MARTIN, T. N. et al. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. In: **Anais...** Simpósio: Produção e Utilização de Forragens Conservadas, 4, Maringá: Sthampa, 2011. p.173-220.

MORAIS, T. P. de, **Adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasiliense* em híbridos de milho.** 2012. 82f. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2012.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E. L. Nutrição e adubação do milho. In: **O milho no Paraná.** Londrina, Fundação Instituto Agronômico do Paraná. 1982. p.83-104 (CT-9).

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A. M. (ed.). **Produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: FEALQ/USP, 1993.p.133-146.

PAULETTI, V. Nutrientes: Teores e interpretações. 2.ed. Castro: FUNDAÇÃO ABC, 2004. p.25-27.

PEREIRA, O. A. P.; CARVALHO, R. V.; CAMARGO, L. E. A. Doenças de milho. In: Kimati, H. et al. (Ed.). **Manual de Fitopatologia.** São Paulo: Ceres, 2005. v. 2, p. 477-488.

PINTO, N. F. J. A. Controle químico de doenças foliares em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.1, p.134-138, 2004.

RAMOS, J. P.; **Frequência e época de aplicação de fungicidas e seus efeitos em híbridos de milho (*Zea mays L.*).** 2011. 80f. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-

Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2011.

REZENDE, A. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: Manejo de nutrientes em sistema de produção de grãos de alta intensidade. **Palestra...** V Simpósio Regional – IPNI Brasil. Rio Verde-GO, maio. 2013.

REZENDE, W. S. et al. Eficácia de Fungicidas no Controle do Complexo de Patógenos Causadores da Mancha Branca na Cultura do Milho. **Anais...** XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Águas de Lindóia – SP, 2012a.

REZENDE, W. S. et al. Efeito da Proteção Foliar com Fungicida na Incidência de Grãos Ardidos na Cultura do Milho. **Anais...** XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Águas de Lindóia – SP, 2012b.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. Potafós: Arquivo do Agrônomo, n. 15, 2003. 20 p. (**Informações Agronômicas**, n. 103).

SAKAMOTO, R. L.; MIACHON, L. P.; FANCELLI, A. L. Avaliação do efeito sinérgico de fosfato de manganês, manganês e cobre na eficácia do fungicida e na produtividade da cultura de milho (*Zea mays* L.). **Anais...** 21º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo-SP, 2013.

SALGADO, P. R. **Fenóis totais no cafeeiro em razão das fases de frutificação e do clima.** 2004. 60f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP, 2004.

SANCHES, P. A.; LOGAN, T. J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: LAL, R.: Sanches, P.A. (Ed) Myths and science of soil of the tropics. Madison: SSSA/ASA, p. 35-46. 1992. (Special Publication, 29)

SILVA, J. C. P. M. et al. Esterco de gado leiteiro associado a adubação mineral e sua influência na fertilidade se um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.453-463, 2010.

SODRÉ FILHO, J. et al. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 327-334, 2004.

UENO, R. K. et al. Exportação de macronutrientes do solo em áreas cultivadas com milho para alimentação de bovinos confinados. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3001-3018, nov./dez. 2013.

UENO, R. K. et al. Dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à produção de milho para forragem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.4, n.1, p.182–203, 2011.

VASCONCELLOS, C. A.; VIANA, M. C. M.; FERREIRA, J. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.33, n.1 1, p.1835-1845, nov. 1998.

VASCONCELLOS, C. A. et al. Acumulação de massa seca e de nutrientes por dois híbridos de milho com e sem irrigação suplementar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 8, p. 887- 901, ago. 1983.

VITTI, G. C.; QUEIROZ, F. E. C.; QUINTINO, T. A. Micronutrientes na cana-de-açúcar: mitos e realidades. Disponível em: <http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Anais_Godofredo_Cesar_Vitti_000fizug9hp02wyiv802hvm3j0am3m2k.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2014.

VON PINHO, R. G. et al. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, v.8, n.2, p. 157-173, 2009.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 11, p. 1191-1197, 1997.