

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ALTURA DE CORTE NA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL
DA FORRAGEM E NOS NUTRIENTES MINERAIS DA
FRAÇÃO NÃO COLHIDA DE MILHO PARA SILAGEM

Autor: Marcelo Bertapelli
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

MARINGÁ
Estado do Paraná
fevereiro - 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ALTURA DE CORTE NA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL
DA FORRAGEM E NOS NUTRIENTES MINERAIS DA
FRAÇÃO NÃO COLHIDA DE MILHO PARA SILAGEM

Autor: Marcelo Bertapelli
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Pastagens e Forragicultura.

MARINGÁ
Estado do Paraná
fevereiro - 2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

B536a	<p>Bertapelli, Marcelo</p> <p>Altura de corte na composição nutricional da forragem e nos nutrientes minerais da fração não colhida de milho para silagem / Marcelo Bertapelli. -- Maringá, 2014. 60 f. : il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, 2014.</p> <p>1. Silagem de milho - Composição química. 2. Silagem de milho - Altura do corte. 3. Silagem de milho - Solo - Resíduo de cultura. 4. Solo - Absorção de nutrientes minerais. I. Jobim, Clóves Cabreira, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. III. Título.</p> <p>CDD 22.ed. 636.0862</p>
-------	---



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**ALTURA DE CORTE NA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL
DA FORRAGEM E NOS NUTRIENTES MINERAIS DA
FRAÇÃO NÃO COLHIDA DE MILHO PARA SILAGEM**

Autor: Marcelo Bertapelli
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Pastagem e
Forragicultura

APROVADA em 28 de fevereiro de 2014.

Prof. Dr. Marcos Weber do Canto

Prof. Dr. Antonio Saraiva Muniz

Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
(Orientador)

“Feliz daquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.

Cora Coralina

Aos meus pais Erony e Thereza.

À minha esposa Marcia.

Ao meu filho André,

pelo incentivo e compreensão da ausência

em muitos momentos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá e Instituto Emater, pela oportunidade da realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim, pelo desafio lançado, orientação e dedicação demonstrada.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação, pelos esforços em transmitir os seus conhecimentos.

Aos companheiros do GESF, pela ajuda preciosa nas disciplinas do curso, na composição do trabalho experimental e nas análises laboratoriais: Bruno Lala, Tamara, Mábio, Caio, Igor, Arthur, Ivan, Marco Antonio, Eduardo, e em especial a Tatiane, pela inestimável contribuição em todas as etapas deste trabalho.

Aos companheiros do Emater, pelo apoio e incentivo.

A todos que, direta ou indiretamente, participaram ou contribuíram na realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

MARCELO BERTAPELLI, natural de Joaquim Távora, Paraná, filho de Natálio Erony Bertapelli e Thereza Cordasco Bertapelli, nasceu em 17 de maio de 1966.

Em dezembro de 1990, conclui a graduação em Engenharia Agrônômica na Fundação Faculdade de Agronomia Luiz Meneghel de Bandeirantes – Estado do Paraná.

Em outubro de 1991, ingressou no Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural – Emater, como extensionista municipal.

Em abril de 2010, concluiu o curso de Especialização em Gestão Empresarial e Controle da Qualidade do Leite, promovido pela Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2011, iniciou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração de Pastagens e Forragicultura na Universidade Estadual de Maringá.

No dia 28 de fevereiro de 2014, submeteu-se à banca para defesa da dissertação de mestrado.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
I – INTRODUÇÃO GERAL	1
II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 A composição nutritiva da forragem conservada	3
2.2 A importância da fração colmo + folha	5
2.3 Altura de corte da planta e a qualidade nutricional da silagem de milho	7
2.4 Extração de nutrientes pela planta de milho	12
2.5 Absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do milho	16
2.6 Importância da água no processo de absorção de nutrientes	19
2.7 Retorno de nutrientes ao solo através da fração não colhida da planta de milho	20
REFERÊNCIAS	23
III – ALTURA DE CORTE NA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DA FORRAGEM E NOS NUTRIENTES MINERAIS DA FRAÇÃO NÃO COLHIDA DE MILHO PARA SILAGEM	31
Resumo	31
Abstract	32
Introdução	32
Material e Métodos	34
Resultados e Discussão	38

<i>Pluviometria</i>	38
<i>Proporção dos componentes estruturais da planta de milho</i>	39
<i>A forragem de milho ensilada – composição química</i>	42
<i>Produtividade estimada de leite com base nas diferentes alturas de corte avaliadas</i>	45
<i>Concentração de macro e micronutrientes na fração não colhida de milho em diferentes alturas de corte</i>	46
<i>Restituição de macro e micronutrientes ao solo proveniente de diferentes alturas de corte</i>	50
<i>Avaliação do potencial de restituição de P e K na fração não colhida de milho cortado a 50 cm</i>	53
Conclusões	55
Referências	55

LISTA DE TABELAS

		Página
II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA		
Tabela 1	Degradação (“in situ” em 24h) e concentração de componentes fibrosos na composição morfológica do milho	8
Tabela 2	Extração média de macronutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividade	13
Tabela 3	Extração de macronutrientes na cultura do milho	14
Tabela 4	Extração, exportação e acúmulo de micronutrientes na cultura do milho	15
III – ALTURA DE CORTE NA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DA FORRAGEM E NOS NUTRIENTES MINERAIS DA FRAÇÃO NÃO COLHIDA DE MILHO PARA SILAGEM		
Tabela 1	Precipitação pluviométrica e temperatura média no período de setembro de 2011 a fevereiro de 2012	35
Tabela 2	Composição química do solo na área experimental	35
Tabela 3	Características agronômicas e produtividade de matéria verde (MV) e de matéria seca (MS) do milho híbrido DKB 789 colhido no ponto de ensilagem (corte rente ao solo)	39
Tabela 4	Características agronômicas e produtividade de matéria seca (MS) do milho híbrido DKB 789 colhido nas diferentes alturas de corte avaliadas	41
Tabela 5	Composição química de silagem de milho colhida em diferentes alturas de corte	42

Tabela 6	Produção de matéria seca (MS) e valor nutricional de silagem de milho colhida em diferentes alturas de corte	44
Tabela 7	Concentração de macronutrientes na fração não colhida da planta de milho para silagem em diferentes alturas de corte	47
Tabela 8	Concentração de micronutrientes na fração não colhida da planta de milho para silagem em diferentes alturas de corte	49
Tabela 9	Quantidade de macronutrientes na fração não colhida da planta de milho para silagem em diferentes alturas de corte	51
Tabela 10	Restituição de micronutrientes ao solo proveniente da fração não colhida de milho em diferentes alturas de corte	53

LISTA DE FIGURAS

	Página
III – ALTURA DE CORTE NA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DA FORRAGEM E NOS NUTRIENTES MINERAIS DA FRAÇÃO NÃO COLHIDA DE MILHO PARA SILAGEM	
Figura 1	Concentração de P na fração colmo não colhida de milho em diferentes alturas de corte 54
Figura 2	Concentração de K na fração colmo na fração não colhida de milho em diferentes alturas de corte 54

I – INTRODUÇÃO GERAL

A ensilagem de plantas forrageiras é considerada o processo mais adequado para a conservação de alimentos, que possibilita dispor de alimento volumoso para os rebanhos durante o período de estacionalidade de produção das plantas forrageiras (CRUZ et al., 2005).

Em razão de suas características agronômicas e composição bromatológica, que lhe conferem excelentes atributos, o milho (*Zea Mays* L.) é a espécie mais utilizada no Brasil na produção de silagem de alta qualidade. O seu uso possibilita incrementos de produtividade, na medida em que proporciona maior eficiência aos sistemas de produção animal.

Esta boa aptidão, que se traduz em ótimo grau de ensilabilidade, é demonstrada, conforme Jobim et al. (2007) e Nussio, Campos e Dias (2001), pelos bons teores de carboidratos solúveis (mínimo de 3%); baixa capacidade tampão e adequados teores de matéria seca (MS) no ponto de corte (30 a 35%), os quais possibilitam bom padrão de fermentação da massa ensilada.

Aliado à boa aptidão para o processo de ensilagem, a planta de milho apresenta conteúdo relativamente baixo de fibra em detergente neutro (menos de 50% da MS), contribuindo para solucionar o grande desafio na alimentação de ruminantes de alta produção, que é o de maximizar a ingestão de alimentos, suprimindo as necessidades nutricionais, sem prejudicar os processos fisiológicos no rúmen (VELHO et al., 2007).

Estes fatores contribuem para a definição do termo “qualidade da silagem” que, conforme Jobim et al. (2007), é a capacidade da forrageira em possibilitar uma resposta positiva no desempenho animal, e não a simples avaliação do padrão de fermentação ou qualidade de conservação do material ensilado. Assim, a qualidade da silagem é obtida

por meio da relação entre o valor nutricional da massa de forragem, o consumo, e o potencial do animal; sendo mensurada pelo desempenho animal.

Dentre os vários fatores que influenciam o valor nutritivo da silagem e, por conseguinte, o desempenho animal, está a elevação da altura de corte da forrageira, visando a maior proporção de grãos e menor participação de fibras no material ensilado.

Esta prática também favorece o maior retorno ao solo de material de menor qualidade nutricional, porém fundamental para a melhoria do manejo solo e, desta forma, contribuindo para a sustentabilidade do sistema de produção.

Deve-se salientar que, diferentemente da produção exclusiva de grãos, a ensilagem da planta de milho inteira proporciona a extração e exportação de grandes quantidades de nutrientes, pois quase a totalidade da forragem é colhida, havendo, assim, a manifestação mais cedo de problemas relacionados à fertilidade do solo (COELHO, 2006).

Desta forma, ao se descartar a parte basal da planta de milho, pela elevação da altura de corte, proporciona-se um benefício complementar que é a diminuição da exportação de nutrientes do sistema produtivo. A incorporação de parte do colmo e de folhas basais de menor qualidade nutricional, porém constituídos de razoáveis quantidades de nutrientes, principalmente potássio e cálcio, contribui também para a manutenção do teor de matéria orgânica no solo.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar diferentes alturas de corte da planta de milho quanto à qualidade nutricional da silagem, e quanto à influência deste procedimento na restituição de nutrientes ao solo por meio das frações não colhidas da planta.

II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A composição nutritiva da forragem conservada

A silagem de milho fornece de 50 a 100% a mais de energia digestível por hectare que qualquer outra forrageira (VELHO et al., 2007), sendo a sua qualidade definida no momento do corte, uma vez que a fermentação láctica causa mínima influência na composição nutritiva e digestível do produto (COOMANS; VAN EETVELT, 1999).

Jaremtchuk et al. (2005) realizaram análises químicas das silagens de planta inteira de milho e encontraram teores de proteína bruta (PB) de 5,8 a 8,0%, fibra em detergente ácido (FDA) entre 27,09 e 35,10%, fibra em detergente neutro (FDN) variando de 48,53 a 57,62%, teores de extrato etéreo (EE) de 1,45 a 3,96% e nutrientes digestíveis totais (NDT) variando de 63,26 a 68,87%.

De acordo com Mühlbach (2003), o teor de FDN de uma planta forrageira consolidou-se como o componente bromatológico melhor relacionado com o potencial de ingestão pelo ruminante. Já o teor de FDA é um indicador do valor energético da forragem e/ou silagem de milho (VASCONCELOS et al., 2005).

Fontanelli et al. (2000) encontraram valores médios de 60,7% de FDN na MS em 246 silagens de milho oriundas de diferentes regiões do Rio Grande do Sul, enquanto que o National Research Council (2001) apresenta teores médios de 45% em silagens de milho analisadas nos EUA. Estas diferenças, para Mühlbach (2003), podem ser atribuídas a um aumento proporcional no teor de FDN em razão de maior perda de açúcar solúvel, motivado pela utilização de técnicas inadequadas no processo de ensilagem. Também, para as condições brasileiras, este fato é agravado pela utilização de híbridos tropicais com maior teor intrínseco de FDN e pela baixa presença de grãos em muitas silagens.

Assim, inúmeros fatores podem interferir na definição do valor nutritivo da silagem de milho, ou seja, este pode variar em razão das características agrônômicas do híbrido de milho utilizado (OLIVEIRA et al., 2003); por aspectos ligados a implantação e condução da cultura (NUSSIO; CAMPOS; DIAS, 2001); pelas condições edafoclimáticas da área de cultivo (JANSSEN, 2009); pela maturidade e umidade no momento da colheita, (JOHNSON et al., 1999; SENGER et al., 2005); e fundamentalmente, conforme Jobim et al. (2007), pela eficiente utilização dos procedimentos nos processos de ensilagem e desensilagem da forrageira, pois de acordo com este autor é possível ocorrer silagem de baixa qualidade com uma forrageira de boa qualidade se a tecnologia empregada não for adequada.

Nesse contexto, Velho et al. (2007), ao avaliarem silagem de milho sob duas densidades de compactação (500 kg e 600 kg de silagem/m³), registraram teores de açúcares solúveis (1,60 e 2,15% da MS respectivamente); matéria orgânica do resíduo insolúvel em etanol a 80% (76,02 e 73,53% da MS); carboidratos não estruturais (39,21 e 41,70% dos carboidratos totais); fibras em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (52,57 e 50,37% da MS); lignina em detergente ácido (2,74 e 2,57% da MS) e nitrogênio amoniacal (4,35 e 3,84% do nitrogênio total).

Estes autores concluíram que a maior densidade da silagem resultou em melhor conservação dos carboidratos solúveis, em menor alteração dos carboidratos estruturais e em menor proteólise das silagens de milho estudadas, evidenciando a importância da correta aplicação da tecnologia adequada ao processo de ensilagem.

A consequência prática e imediata decorrente da possível perda de qualidade da forrageira é a elevação do custo de produção da atividade, em razão da maior necessidade de concentrados a ser adicionado à dieta animal (SENGER et al., 2005). Estes autores, também considerando duas diferentes densidades de compactação (174 kg de MS/m³ e 98 kg de MS/m³) em silagem de milho com 28% de MS, concluíram que a maior densidade possibilitou diferença de 4,7 unidades percentuais para a fração A dos carboidratos (açúcares e ácidos orgânicos), fração esta que representou 11,2% dos carboidratos totais. Este fato ocasionou diferenças significativas nas frações B2 e C (P<00,5), provavelmente por efeito de diluição.

Portanto, de acordo com a literatura, a qualidade final da silagem é dependente das concentrações de glicídios estruturais e não estruturais e da relação entre os mesmos (Relação FDN/CNF). Deve-se, portanto, buscar o máximo de preservação desses últimos

e da proteína verdadeira, já que isto irá influenciar o volume de concentrados na dieta dos animais, conforme já mencionado.

Silagens com fermentação adequada apresentam valores de pH de 3,8 a 4,2, teor de ácido lático de 6,0 a 8,0% da MS, ácido acético menor que 2,0% da MS, ácido propiônico de 0 a 1,0% da MS, ácido butírico menor que 0,1% da MS e N-NH³ inferior a 10% do nitrogênio total (FERREIRA, 2001).

Para Muck (1988), a atividade bacteriana de degradação proteica está relacionada ao nível de MS, sendo tanto maior quanto menor for o mesmo. Assim, os teores de 5 a 7% de N-NH³ no N total são considerados normais em silagens com 30 a 40% de MS. Porém, o principal fator que afeta a produção animal ingerindo silagens, segundo estes autores, é o consumo voluntário, motivado por baixos teores de MS e a produtos de fermentação indesejável no processo de ensilagem (aminas, ácidos orgânicos...), evidenciando a importância do valor nutritivo.

2.2 A importância da fração colmo + folha

À medida que os sistemas de produção animal tornaram-se mais produtivos e competitivos, maior importância foi dada a qualidade do milho para a silagem (CRUZ et al., 2005).

De acordo com esses autores, inicialmente as tecnologias recomendadas para a produção de milho para silagem visavam basicamente à produção de massa verde, dando ênfase ao uso de cultivares de porte alto e com alta densidade de plantio. Posteriormente, em razão do grande número de trabalhos na década de 1970, buscou-se a maior participação dos grãos, aumentando a sua proporção na silagem, justificado pela sua maior digestibilidade em relação à porção volumosa (colmo + folhas).

Hillman (1976), citado por Nussio (1992), obteve produção variando entre 65 a 219 kg de grãos por tonelada de silagem, equivalentes a 16 a 43,8% de grãos na MS do material que apresentaram valores de 56 a 75% de NDT, níveis suficientes para produzir 1,7 e 2,3 litros de leite por kg de MS, respectivamente. Também, objetivando melhor resposta animal nos diversos sistemas de produção, a digestibilidade da fração volumosa deve ser considerada na definição da cultivar a ser utilizada no processo de ensilagem (RENTERO, 1998).

A digestibilidade da parede celular é uma característica que apresenta variação genética entre híbridos de milho sendo sua herdabilidade alta. A melhoria da qualidade desta fração é possível, sem afetar a produção de grãos ou a produção da planta. (ALMEIDA FILHO et al., 1999).

Desta forma, Nussio, Campos e Dias (2001) sugerem que programas de seleção de cultivares de milho para produção de silagem devem ser estabelecidos com base em dois fatores principais: a percentagem de grãos na massa ensilada (% MS) e o valor nutritivo da porção colmo + folha (% da digestibilidade verdadeira “in vitro”).

Em condições normais, silagens de milho de boa qualidade são proporcionadas por cultivares que apresentam de 40 a 50% de grãos na matéria seca do material ensilado (FARIA, 1986).

Silva et al. (1997) observaram proporção inversa entre a participação de espigas na MS e a concentração de carboidratos não estruturais (CNE) na porção colmo + folha da planta de milho, determinando menor digestibilidade ruminal dessa fração. Mas, ao constatarem a digestibilidade da planta inteira, este fato não afetou significativamente os resultados obtidos.

Assim, de acordo com estes autores, esta grande variabilidade encontrada quanto à degradabilidade da porção colmo + folha possibilitou selecionar esses materiais em função dos seus teores de FDN, FDA, produção total de MS e da qualidade da fibra do material, considerada neste caso pelos teores de hemicelulose na FDN.

Apesar da proporção de grãos na planta ser o critério reconhecido como adequado na escolha do material a ser ensilado, pois esta relacionado com o potencial de grãos e de MS total pela planta, Nussio, Campos e Dias (2001), ao analisarem diferentes cultivares de milho durante os anos de 1998 a 2001, demonstraram que a digestibilidade da planta e da haste não dependeram da proporção de grãos na planta.

Desta forma, outros componentes da planta, além do teor de grãos, desempenham papel importante sobre a qualidade da forragem ensilada. Ao analisarem 33 híbridos de milho em dois anos consecutivos, Allen (1990), citado por Zeoula et al. (2003), constatou que apesar da grande variação de grãos na MS (22 a 53%), a digestibilidade “in vitro” da matéria seca DIVMS se manteve estável (74 a 80%).

Este comportamento demonstra a não relação entre a digestibilidade da matéria orgânica DMO da parede celular da fração vegetativa e o teor de amido da planta de milho, bem como, a alta relação da DMO e o seu teor na parede celular não digestível (FDN indigestível).

Valores da DMO de 71,5% e 77,5% foram determinados durante o período de floração e maturação da colheita, quando o teor de grãos atinge até 50% da MS por Demarquilly (1994) e Mayombo et al. (1997), respectivamente.

Portanto, ao contrário de outras espécies, o milho praticamente não tem a sua digestibilidade reduzida pela maturação (BUXTON; REDFEARN; JUNG, 1996), uma vez que o enchimento de grãos e a perda de digestibilidade da fração colmo + folha, determina mínima variação na digestibilidade da MS da planta inteira com o aumento no teor de MS (NUSSIO; CAMPOS; DIAS, 2001).

A planta de milho, mesmo pobre em grãos, pode ter um bom valor energético quando apresenta a fração colmo + folha com alta digestibilidade. Assim a combinação deste fator positivo e o teor de grãos normal, permitirão maior produção de leite com economia de 1,0 a 1,5 kg de concentrado/animal/dia (ZEOULA et al., 2003).

A qualidade da MS da planta de milho é influenciada pelos componentes da parede celular, sendo a lignina o fator mais preponderante.

Diferentes cultivares de milho, testados por Penati (1995), apresentaram na composição da fração colmo + folha variação de 6 a 12% de lignina, porém, a degradabilidade desta porção foi de 40,1 a 59,7%, determinando, assim, baixa e negativa correlação deste componente da parede celular e a digestibilidade “in vitro” verdadeira da MS. Para este autor, a composição químico-bromatológica e a disposição tridimensional da lignina ligada aos demais componentes da parede celular explicam melhor a qualidade da haste ou da planta do que a percentagem de lignina na haste.

2.3 Altura de corte da planta e a qualidade nutricional da silagem de milho

A planta ideal de milho para ensilagem deve apresentar (base na MS) de 20 a 23% de colmo, 12 a 16% de folhas e de 64 e 65% de espigas, a fim de garantir qualidade ao volumoso, bem como 40 a 50% de grãos, sendo os estes os responsáveis por aproximadamente 50% do valor nutritivo (NUSSIO, 1990).

Estas proporções estão de acordo com os dados obtidos por Lupatini et al. (2004), que avaliando 15 híbridos para silagem colhidos a 50 cm de altura observaram que, em média, a MS da silagem foi composta por 68,68% de espiga (48,97% de grãos e 19,66% de palha + sabugo), 17,4% de folhas e 13,96% de colmos.

A menor proporção de colmo no total de MS da silagem, justificada pela maior altura de colheita da planta, contribui para melhorar a qualidade da silagem, considerando o maior teor em fibras e menor digestibilidade da fração colmo.

A degradação (“in situ” em 24h) e a concentração de componentes fibrosos na composição morfológica do milho foram analisadas por Verbic, Stekar e Cepon (1995), os quais encontraram os valores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Degradação (“in situ” em 24h) e concentração de componentes fibrosos na composição morfológica do milho

	DISMS*	FDN	FDA	LDA**
	-----% MS-----			
Colmo	54,9	65,5	42,2	6,6
Folha	69,3	69,6	37,5	4,0
Palha	71,5	77,4	37,3	4,0
Espiga	53,7	80,1	42,9	8,2
Grãos	94,7			

Fonte: Adaptado de Verbic, Stekar e Cepon (1995).

* Degradabilidade “in situ” da Matéria Seca.

** Lignina em Detergente Ácido.

Do total de matéria seca da planta, 70% são constituídos pelas frações colmo (28,1%), folha (13,7%), palha (16,7%) e sabugo (10,7%). Estas frações representam 65% da digestibilidade potencial da planta (CAETANO, 2001).

A elevação da altura de corte no momento da colheita é uma alternativa para melhorar o valor nutricional e a qualidade da silagem de milho, aumentando desta forma, a proporção de grãos no material ensilado e proporcionando menor conteúdo de fibras e maior valor energético. Desta forma, a elevação da altura de corte de 0,1 para 0,8 m do solo possibilitou a diminuição dos teores de FDN em 8,8% e aumento de 10,9% no teor de PB (VASCONCELOS et al., 2005).

De acordo com estes autores, isso se justifica por ser a parte basal da planta de milho constituída basicamente de colmo possuindo assim maior concentração de fibras e menor de nitrogênio total, conseqüentemente menor teor de PB.

A colheita da parte superior da planta, proporcionado pela elevação da altura de corte, possibilita obtenção de uma silagem de alto valor nutricional em razão da maior participação de grãos, fibras mais digestíveis e maior conteúdo energético. Estas silagens são indicadas para animais de alta produção tendo em vista o seu alto custo de produção e produtividade de matéria seca 15 a 20% inferior à silagem de planta inteira (PIONNER SEMENTES, 1996).

Trabalhos realizados na região de Lavras, MG, por Melo, Von Pinho e Carvalho (1998), Fonseca (2000) e Villela (2001), citados por Vasconcelos et al. (2005) verificaram variação de 43,45 a 60,98%, de 44,55 a 66,54% e de 41,7 a 46,80%, respectivamente nos teores de FDN em plantas colhidas a 0,1m do solo. Para Cruz et al. (2005), níveis de FDN na forragem de milho inferiores a 50% proporcionam silagem de boa qualidade.

Já, o teor de FDA é um indicador do valor energético da forragem e/ou silagem de milho, o qual demonstra a quantidade de fibra que não é digestível. Desta forma valores próximos a 30% de FDA indicam boa qualidade alimentícia do material (VASCONCELOS et al., 2005).

Com a elevação da altura de corte de 0,1m para 0,8m, este autor obteve redução nos teores de FDA em 14,85%, (25,87% para 22,00%), justificando estes valores pela redução da fração fibra das partes vegetativa e pelo aumento da proporção de grãos na matéria seca da planta ensilada.

Estes dados obtidos por Vasconcelos et al. (2005), para a quantidade de FDA, estão em conformidade com Melo, Von Pinho e Carvalho (1998) e Villela (2001), com valores de 22,66 a 31,06% e 24,48 a 27,49% respectivamente para plantas de milho colhidas a altura de 0,1 m do solo. Porém, segundo este autor, para que a elevação da altura de corte seja uma prática recomendada, faz-se necessária a determinação dos custos de produção das silagens obtidas em diferentes alturas de corte e análise econômica para a tomada de decisão quanto à tecnologia a ser adotada pelo produtor.

Trabalhando com diferentes alturas de corte, Caetano (2001) verificou produção de 14,7 t/ha em corte realizado a 5 cm do solo e de 10,9 t/ha de matéria seca quando o corte foi realizado 5 cm abaixo da primeira espiga.

No trabalho de Vasconcelos et al. (2005), a elevação da altura de corte de 0,1 m para 0,8 m determinou uma redução de 17,7% na produtividade da matéria seca, mantendo-se iguais os custos para a implantação da lavoura em ambas as alturas de corte.

Também para Fancelli e Dourado Neto (2000), a elevação na altura de corte da planta diminui o volume de massa a ser ensilada, porém aumenta a qualidade da mesma, já que a participação de grãos na planta é proporcionalmente aumentada.

Da mesma forma, Lauer (1998) obteve redução de 15% na produção de MS quando se utilizou da elevação da altura de corte da forrageira de 15 para 45 cm a partir do nível do solo, porém, para esta mesma situação a produção de leite estimada

aumentou em 12%. Desta forma, segundo o autor, esta prática ocasionou uma redução de apenas 3% na produção estimada de leite por área, pois a parte mais fibrosa e menos digestível da planta foi deixada no campo.

A elevação a cada 15 cm da altura da colheita da forragem, em média proporciona aumento de 1,3 toneladas da MS que permanece na lavoura, elevando o percentual de cobertura do solo, que pode atingir 55% quando a colheita foi realizada a 60 cm do solo. (NUSSIO; CAMPOS; DIAS, 2001).

Para Hutjens (2000), a elevação na altura de corte do milho, a cada 15 cm, espera-se a redução de 1% no teor de FDA do material colhido, sendo a redução na produção de matéria seca ao redor de 850 kg/ha. Wu e Roth (2005) mencionam que a elevação da altura de corte pode refletir no maior valor nutritivo da silagem, diminuindo assim o uso de suplementação com alimento concentrado e possibilitando a redução no custo de produção da atividade. Outro benefício importante da prática é a reposição do material orgânico na lavoura, formando uma camada de proteção contra a erosão.

Trabalhando com diferentes alturas de corte e de tamanho da partícula em silagem de milho na terminação de novilhos em confinamento, Neumann et al. (2007) concluíram que o corte a 15 cm propiciou incremento de 7,1% na produção de MS ensilável em relação à altura de corte de 38,6 cm. Já o corte mais baixo associado a partículas grandes determinou pior conversão alimentar. Os autores concluem recomendando a colheita da planta na maior altura de 38 cm, juntamente com a utilização do tamanho de partícula entre 0,2 a 0,6 cm, pois, proporcionou maior lucratividade ao sistema de produção.

Esta maior lucratividade do sistema está relacionada ao fato de que no processo de conservação podem ocorrer perdas de MS e de energia de formas variadas, em decorrência da colonização de bactérias acidoláticas que se desenvolvem na massa ensilada, determinando perdas de energia de até 1,7% e de matéria seca de até 24% (EVANGELISTA et al., 2004).

Desta forma, para Neumann et al. (2007), na produção da silagem, aspectos relacionados ao tamanho de partículas e à altura de colheita de plantas afetam o grau de compactação. Segundo Senger et al. (2005), quanto menor a partícula e maior a altura de colheita da planta, melhor a compactação e, conseqüentemente, a condição de anaerobiose, que é decisiva para a redução das mencionadas perdas no processo de ensilagem.

Analisando a digestibilidade aparente de dois cultivares de milho cortados em diferentes alturas, Rossi Júnior et al. (2006) concluíram que a associação de milho de textura macia com altura de corte elevada deve ser utilizada sempre que possível, pois nutricionalmente apresenta valores de digestibilidade de seus componentes mais elevados.

Porém, Pereira et al. (1993), considerando duas alturas de corte na produção de silagem de milho, sendo uma rente ao solo e outra na altura da inserção da primeira espiga, constatou que ambas as alturas promoveram adequada conservação das silagens, mas não foram efetivas em promover alterações na composição química e digestibilidade da MS, da FDN e da PB.

Já Caetano (2001), trabalhando com alturas de corte semelhantes ao trabalho de Pereira et al. (1993), menciona que a elevação da altura de corte a 5 cm abaixo da inserção da primeira espiga melhorou a qualidade da forragem em comparação ao corte a 5 cm do solo. Para os autores, esta melhoria ocorreu em razão da redução dos componentes da parede celular, frações colmo e folhas, e aumento nas proporções de grãos, o que determinou o aumento nos valores de digestibilidade da matéria seca e dos Nutrientes Digestíveis Totais (NDT). Para estes autores, a estimativa de retorno econômico para a forragem colhida na altura mais alta foi inferior à altura rente ao solo, questionando desta forma a viabilidade da utilização desta tecnologia para a produção de silagem.

Oliveira (2013), determinando a produtividade e valor nutritivo de silagens de diferentes híbridos de milhos colhidos em diferentes alturas, concluiu que híbridos de semelhantes produtividades de MS apresentam diferença na composição química e valor nutritivo. Para este autor, a elevação da altura de corte melhorou a qualidade e o valor nutritivo da silagem. Porém, o manejo da altura de corte não é mais eficiente que a utilização dos melhores híbridos para a produção de silagem de alta qualidade e produtividade.

Por outro lado, Caetano (2001) não verificou diferença significativa entre as médias dos teores de PB nas plantas de milho colhidas nas alturas de corte de 0,5 m e 0,8 m.

Nussio, Campos e Dias (2001) mencionam que outra consideração importante a ser ressaltada na prática da elevação da altura de corte, é que esta deve contribuir para reciclagem de matéria orgânica no solo, garantindo condicionamento físico ao mesmo e também retornar grandes quantidades de potássio que se encontram nos internódios inferiores da planta.

Desta forma, conforme Andrade et al. (1998a), além da possível melhoria da qualidade da silagem, também o aumento da fração não colhida da cultura é uma

contribuição significativa para o estabelecimento de uma exploração duradoura e de altas produtividades para a produção de milho para silagens, merecendo assim avaliações econômicas mais cuidadosas para justificar a sua recomendação.

2.4 Extrações de nutrientes pela planta de milho

Nas últimas décadas, a cultura do milho no Brasil passou por importantes avanços nos diversos campos da ciência agrônômica (DUETE et al., 2009), resultando em aumentos significativos de produtividade.

Esta evolução é possibilitada pelo desenvolvimento genético de cultivares, principalmente híbridos de milho de alto potencial produtivo, através da introdução de germoplasmas de clima temperado que apresentam características de porte mais baixo, ciclo precoce, melhor arquitetura foliar, maior densidade de semeadura e maior índice de colheita (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2008).

Janssen (2009) menciona o aumento considerável na produtividade da silagem de milho na região de Castro-PR. de 9 para 22 t/ha de MS nas décadas recentes, promovido pela melhora genética dos híbridos utilizados, bem como pelo manejo adequado da cultura e da fertilidade do solo.

Paralelo a este ganho genético, a utilização adequada de tecnologias de produção, respaldadas pela pesquisa, é fundamental para a maximização destes potenciais.

Desta forma, práticas que promovam a construção e/ou manutenção da fertilidade do solo com uso de corretivos agrícolas, adubações químicas e orgânicas, restituição de restos de cultura ao solo, rotação de culturas, plantio direto, dentro outras, são fundamentais para o objetivo de se obter maiores produtividades aliado ao princípio da sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola.

O milho quando colhido para silagem, a parte vegetativa também é removida, além dos grãos, havendo, conseqüentemente, alta extração e exportação de nutriente. Com isto, problemas de fertilidade do solo se manifestam mais cedo em área de produção de silagem comparadamente à produção de grãos (COELHO, 2006; UENO et al., 2011). A conseqüência deste quadro é a queda de produtividade e baixa qualidade da silagem em cultivos posteriores, principalmente se esta for obtida de uma mesma área por vários anos consecutivos sem o devido manejo de solo e adubações adequadas (MARTIN et al., 2011).

O milho, por ser uma planta fotossinteticamente eficiente (C₄), apenas 10% da matéria seca produzida é composta pelos nutrientes extraídos do solo (VASCONCELLOS; PEREIRA FILHO; CRUZ, 2002). Porém, estes são fundamentalmente essenciais ao desenvolvimento da cultura, cada um com sua função e porcentagem de participação na fitomassa (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003).

Silva, Mota e Pauletti (2010), ao analisarem o perfil do solo entre 0 e 80 cm de profundidade em áreas de cultivos sucessivos de milho para silagem, verificaram baixa condutividade elétrica nesta camada. Esta metodologia está correlacionada com o teor de íons no solo. Assim, os autores concluíram que a alta extração de nutrientes, principalmente potássio, foi decisiva para os valores verificados.

O ciclo da cultura do milho apresenta duas fases importantes quanto à absorção de nutrientes do solo. O primeiro durante o desenvolvimento vegetativo (12 a 18 folhas), quando o número potencial de grãos está sendo definido e o segundo durante o período reprodutivo ou formação da espiga quando o potencial de produção de grãos é atingido (COELHO, 2006).

Folhas e colmos atuam como os principais drenos de N durante a fase de crescimento vegetativo. Posteriormente, com o desenvolvimento da espiga, ocorre redução da proporção de nutrientes acumulados nestes órgãos vegetativos, atuando estes como fonte de assimilados e nutrientes acumulados, para prover o desenvolvimento de grãos (DUARTE et al., 2003; UENO et al., 2011).

Dados médios de experimentos conduzidos na Embrapa, em Sete Lagoas, MG, demonstram o potencial de extração de nutrientes pelo milho cultivado para a produção de grãos e silagem. Observa-se que a maior exigência do milho refere-se ao nitrogênio e ao potássio, seguindo-se de cálcio, magnésio e fósforo (Tabela 2).

Tabela 2 - Extração média de macronutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividade

Tipo de Exploração	Produtividade t/ha	Nutrientes extraídos ⁻¹				
		N	P	K	Ca	Mg
		-----kg/ha-----				
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Silagem (MS)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

Fonte: Coelho e França (1995).

A extração total de nutrientes é dependente do rendimento de fitomassa obtido pela cultura e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada (COELHO, 2006).

Com base em valores médios obtidos de vários trabalhos para a produção de grãos, produção de MS total na fase de maturação, acúmulo de macronutrientes em kg/ha e concentração dos macronutrientes na MS, Ueno et al. (2011) observaram grande disparidade na extração de macronutrientes dentre as cultivares testadas em diversas regiões. Porém, há tendência de maior extração de nutrientes conforme ocorre o aumento da produtividade de grãos e de massa de forragem é mantida.

Nesta revisão, os valores obtidos de sete trabalhos, somando 20 cultivares, apresentaram produtividades médias de 7,59 e 17,87 t/ha de grãos e MS acumulada, respectivamente, com extração de macronutrientes superior ao demonstrado por Coelho e França (1995).

Tabela 3 - Extração de macronutrientes na cultura do milho

N	P	Minerais			S	Autor
		K	Ca	Mg		
-----Kg/t grãos-----						
24,9	5,9	26,7	6,6	7,9	2,5	Ritchie, Hanway e Benson (2003)
20,3	4,3	16,9	3,1	3,0	1,1	Pauletti (2004) ¹
19,9	3,6	19,3	-	-	-	Karlen, Flannery e Sadler (1988)
29,7	6,8	23,1	4,5	3,4	2,2	Von Pinho et al. (2009) ²
22,2	5,2	21,4	4,0	2,5	1,6	Von Pinho et al. (2009) ³

Fonte: Adaptado de Ueno et al., (2011)

¹ Fase de maturação

² Cultivar forrageiro

³ Cultivar granífero

Para Coelho (2006) a extração de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), pelas principais culturas agrícolas, é maior no nível mais alto de adubação por incrementar linearmente a resposta da cultura em produzir fitomassa. Nesse contexto, Ueno et al. (2011) comenta que o conceito de conduzir áreas de produção de forragens apenas priorizando o incremento nas recomendações de fertilizantes se mostra equivocado, pois quanto maior a quantidade de nutrientes a uma cultura, maior a produção e conseqüentemente maior a extração de nutrientes do sistema. Deve-se considerar também que o cultivo sucessivo de forragens interfere negativamente na produção de palha para a cobertura do solo e, por conseguinte, no acúmulo de matéria orgânica. Assim, faz-se necessária a adoção complementar de práticas e conceitos básicos de produção que objetivem a manutenção da fertilidade do solo, como a rotação de culturas, o plantio direto, adubações verdes, a manutenção da palhada da cultura anterior, dentre outras.

Quanto aos micronutrientes, os teores extraídos e acumulados pela planta de milho, bem como os exportados pelos grãos são demonstrados na Tabela 4. Para melhor

entendimento da mesma, convencionou-se em razão da utilização como sinônimos em algumas literaturas, que o termo “extraído” seja utilizado para definir os teores ao longo do ciclo completo da planta e “acumulado”, para um estágio específico do desenvolvimento da mesma. Também na literatura, encontram-se dados referentes aos teores extraídos pela planta com base na produção de grãos e de MS.

De acordo com os dados de Coelho e França (1995), para uma produtividade média de 9 toneladas de grãos/ha, são extraídos 2.100 g de ferro (Fe), 340 g de manganês (Mn), 400 g de zinco (Zn), 170 g de boro (B), 110 g de cobre (Cu) e 9 g de molibdênio (Mo). Para Pauletti (2004), citando vários autores, o acúmulo de micronutrientes na parte área da cultura do milho por tonelada de massa produzida, incluindo os grãos é de 235,7 g de Fe, 42,8 g de Mn, 48,4 g de Zn, 18,0 g de B, 10 g de Cu e 1,0 g de Mo. Para este autor, a exportação de nutrientes por tonelada de grão produzido é de 11,6 g de Fe, 6,1 g de Mn, 27,6 g de Zn, 3,2 g de B, 1,2 g de Cu e 0,6 g de Mo.

Os teores extraídos e acumulados de micronutrientes são dependentes de fatores distintos, como as condições edafoclimáticas, a cultivar utilizada, o estágio de desenvolvimento da planta, a interação química entre elemento e o nível de produtividade obtido (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003; COELHO, 2006; ABREU; LOPES; SANTOS, 2007). Desta forma, considerando estas particularidades, constatam-se variações consideráveis de alguns destes elementos quando da revisão da literatura. Assim, provavelmente pela maior facilidade metodológica, as menores variações na literatura são verificadas para os teores de micronutrientes exportados juntamente com os grãos.

Tabela 4 - Extração, exportação e acúmulo de micronutrientes na cultura do milho

Fe	Micronutrientes			Autor
	Cu	Zn	Mn	
-----Extração g/t grãos-----				
233	12,0	44	37	Coelho e França (1995)
-	19 a 20	100 a 194	42 a 46	Borges, Von Pinho e Pereira (2009)
-	21	66	-	Ritchie, Hanway e Benson (2003)
-----Extração g/t MS-----				
235	10	48	42	Pauleti (2004) ¹
-----Exportados mg/t grãos-----				
11	1	27	6	Pauleti (2004) ²
-	2	24	-	Ritchie, Hanway e Benson (2003)
-----Acúmulo mg/kg MS-----				
30 a 250	6 a 20	15 a 100	20 a 200	Cantarella et al. (1996) ³
430	6	20	49	Duarte et al. (2003) ⁴
292 a 450	7,7 a 8,7	23 a 28	382 a 727	Borges et al. (2007) ⁵

¹ Análise da planta inteira ao final ciclo.

² Análise fração grãos.

³ Fase pendoamento – análise da folha.

⁴ 105 dias após a emergência – análise da planta inteira.

⁵ 50 dias após a emergência – análise da folha.

De acordo com Cruz e Pereira Filho (2008), o milho em alta sensibilidade à deficiência de Zn, média à Co, Fe e Mn e baixa à B e Mo.

Apesar das quantidades requeridas serem pequenas, a deficiência de algum destes micronutrientes sensíveis à cultura do milho pode ter tanto efeito na desorganização de processos metabólicos e redução na produtividade como a deficiência de um macronutriente. Pulverizações com sulfato de manganês a 0,6 e 1,1 kg/ha, diluídos em 150 L de água no estágio de quatro e oito folhas, proporcionaram, respectivamente, 8,23 e 8,49 t/ha de grãos em comparação com 2,21 t/ha da testemunha (MASCAGNI JUNIOR; COX, 1984), citados por Abreu, Lopes e Santos (2007). Para Coelho (2008), apesar de o milho ter média sensibilidade à deficiência de Mn, à medida que se intensifica os sistemas de produção, com altas dosagens de calcário, muitas vezes incorporados ineficientemente ou então em sistemas de plantio direto, tem levado as deficiências deste micronutriente principalmente quando o mesmo não é utilizado em programas de adubação. Também a pulverização com sulfato de zinco (23% de Zn) a 10 g/L na terceira e quinta semana após a emergência da cultura do milho, determinou produtividade de 6,64 t/ha de grãos em comparação com 3,88 t/ha no tratamento testemunha (GALRÃO, 1996).

2.5 Absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do milho

A análise da composição mineral de sete cultivares de milho foi realizado por Andrade et al. (1998b). Estes autores encontraram na MS em média 1,47% de N, 0,24% de P, 0,24% de Ca, 0,20% de Mg, 0,11% de S e 1,25% de K.

De acordo com Neumann et al. (2011), a relação da colheita do milho para ensilagem e da colheita para grãos é alterada, pois na primeira, estando a fitomassa com 30 a 35% de MS, a planta ainda não completou seu pleno desenvolvimento e conseqüentemente, ainda estaria extraindo nutrientes do solo, ao contrário da segundo que estaria com os grãos fisiologicamente desenvolvidos.

Desta forma, conforme Ueno et al. (2011), mesmo em nível tecnológico de produção semelhante, os índices de exportação de nutrientes quando destinado a grãos e a silagem não podem ser relacionados, pois provêm de lavouras em estádios de desenvolvimento diferentes.

A taxa de absorção do N, para a maioria das cultivares de milho, é acentuada em período anterior ao florescimento, sendo que para os genótipos modernos, ocorrem maiores taxas de absorção antes do florescimento e durante o enchimento dos grãos (KARLEN; FLANNERY; SADLER, 1988). Porém, quando a disponibilidade de N excede as exigências da planta forrageira, ou seja, a absorção excede a utilização pela planta de íons nitrato e amônio, ocorre o acúmulo de nitrogênio não proteico (DOUGHERTY; RHUKERD, 1985).

Para as condições brasileiras, a quantidade acumulada de N até o florescimento, está entre 50 a 65% do total (ANDRADE, 1975; DUARTE et al., 2003). Na fase de maturidade fisiológica, aproximadamente 65% do N encontram-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 (RITHIE; HANWAY; BENSON, 2003).

Von Pinho et al. (2009) observaram em duas cultivares de milho comportamento linear no acúmulo de N ao longo do ciclo da cultura, sendo em média 2,89 kg/ha de N na MS para cada dia após a emergência (DAE). Nos estádios iniciais, houve pequeno acúmulo de N, com incremento significativo ocorrendo aos 44 DAE (8 folhas desdobradas), mantendo-se crescente e linear até os estádios finais de desenvolvimento.

Para Dechen e Nachtigall (2007), os teores de N nas plantas variam entre 2 e 75 g/kg de matéria seca da planta, considerando-se os teores entre 20 e 50 g/kg de MS como adequados para um crescimento normal das plantas.

O potássio (K), de acordo com Malavolta (1980), é o segundo nutriente mais requerido pelas espécies vegetais, tendo alta mobilidade dentro da planta, em qualquer nível de concentração, seja dentro da célula, no tecido vegetal, no xilema e floema.

No milho, a maior taxa de absorção do K coincide com o maior acúmulo de matéria seca, que ocorre entre a fase vegetativa até o início do desenvolvimento reprodutivo, porém o início da absorção já ocorre nos primeiros estágios de crescimento aos 60 e 70 dias quando a planta já acumula 50% do total de matéria seca (KARLEN et al., 1987; BULL, 1993), citados por Jaremtchuk (2006).

O acúmulo do K tem correlação positiva e significativa com a produção de matéria seca de folhas e colmos (ANDREOTTI et al., 2000).

Para Coelho (2006), aos 30 a 40 dias após a emergência (DAE), a taxa de acúmulo de potássio já supera os níveis de N e P, sugerindo maior necessidade de K na fase inicial como um elemento de “arranque”.

A absorção do K é completada após o florescimento, diferente da absorção de N e P que continua até próximo da maturidade, seguindo o acúmulo de MS (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003).

Contrariando a maioria dos trabalhos realizados, Von Pinho et al. (2009) encontraram dois picos de absorção de K, sendo o último no final do ciclo na maturidade fisiológica (140 DAE), gerando máximo acúmulo deste nutriente na planta (313 kg/ha). Já o primeiro foi verificado aos 55 DAE (12 folhas totalmente desdobrados) durante intenso crescimento vegetativo, determinando-se um comportamento quadrático para o acúmulo de K durante o ciclo da planta.

De acordo com Ritchie, Hanway e Benson (2003), diferentemente de outros elementos, a maior concentração de K está presente na estrutura vegetativa da planta, sendo que 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.

Já o fósforo (P) é absorvido pelo milho até próximo à maturação fisiológica dos grãos, não havendo aparentemente declínio nos demais estádios do desenvolvimento da planta (COELHO; ALVES, 2004). Apesar da menor exigência deste nutriente pela planta, na produção de grãos cerca de 85% do fósforo absorvido são exportados, necessitando portanto de sua restituição (COELHO; ALVES, 2004; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

De acordo com Ritchie, Hanway e Benson (2003) aproximadamente 75% do P ficam concentrados nos grãos, 10% nas folhas, 7% no colmo, 3% no sabugo, haste e cabelo, 3% nas bainhas das folhas e 2% em palhas e bonecas de inserção mais baixa.

Para Von Pinho et al. (2009), analisando duas cultivares de milho, o acúmulo de P durante o ciclo da planta foi de em média 0,67 kg/ha para cada dia após a emergência (DAE), ocorrendo aumento significativo nos totais de P acumulado nos estádios finais, principalmente a partir dos 125 DAE (grãos farináceos).

Quanto ao Ca, estes autores evidenciaram que o acúmulo deste nutriente por duas cultivares de milho teve comportamento quadrático durante o ciclo, com um primeiro pico de absorção na ocasião do florescimento, e um segundo pico de absorção na maturidade.

Já o acúmulo de Mg nas cultivares apresentou comportamento linear, as quantidades totais de Mg acumuladas nos estádios iniciais foram pequenas, e ocorreu um pequeno incremento aos 44 dias da emergência (8 folhas desdobradas) até o final do

florescimento, a partir de 85 dias da emergência (grãos leitosos) houve incremento significativo no acúmulo de Mg, que cresceu de maneira linear até o final do ciclo.

Também neste trabalho, o acúmulo de S apresentou comportamento linear, aumentando pouco até 71 dias após a emergência, porém com grande incremento aos 85 dias após a emergência. O máximo de acúmulo de S ocorreu aos 125 após a emergência (grãos farináceos).

O teor de Ca e Mg, na matéria seca das folhas de milho, foi altamente influenciado pelo teor de Ca solúvel no solo e pela elevação da saturação por bases do Complexo de Troca de Cátions em decorrência da utilização adequada da prática da calagem (FORESTIERI; DE POLLI, 1990).

2.6 Importância da água no processo de absorção de nutrientes.

No processo de absorção de nutrientes a água é, provavelmente, o fator com maior influência. A absorção dos nutrientes ocorre a partir de seu contato com a superfície da raiz e está diretamente relacionada com sua concentração na solução no solo.

O transporte dos nutrientes até a superfície das raízes é decorrente da ação conjunta dos três mecanismos: interceptação radicular, fluxo de massa e difusão (BARBER, 1995).

A planta ao iniciar o processo de absorção de água e de nutrientes altera o equilíbrio do sistema, estabelecendo diferenças de potencial, originando duas formas de transporte de nutrientes no solo na direção das raízes: uma pelo fluxo de transpiração (fluxo de massa) em atendimento à diferença de potencial hídrico e outra por difusão em atendimento ao gradiente de concentração (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A quantidade de água consumida por uma lavoura de milho durante o seu ciclo está em torno de 600 mm. Dois dias de estresse hídrico, no florescimento, diminuem o rendimento em mais de 20%, chegando a 50% quando o estresse hídrico atinge quatro a oito dias neste período (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2008).

O déficit hídrico é fundamentalmente importante em três estádios de desenvolvimento da planta de milho: a) iniciação floral e desenvolvimento da inflorescência, normalmente aos 65 dias após a emergência em materiais de ciclo normal, quando o número potencial de grãos é determinado; b) período de fertilização,

quando o potencial de produção é fixado; c) enchimento de grãos, quando ocorre o aumento na deposição da matéria seca nos grãos (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2008).

2.7 Retorno de nutrientes ao solo através da fração não colhida da planta de milho

Em um ecossistema agrícola, a ciclagem de nutrientes é fundamental para evitar a perda de fertilidade do solo. Estima-se que $\frac{3}{4}$ da área agricultável do mundo apresentem baixa fertilidade do solo, aliado a condições de relevo íngreme, podendo afetar sobremaneira a produção agrícola (ABREU; LOPES; SANTOS, 2007). Esta baixa fertilidade pode decorrer de fatores naturais, bem como pelo manejo inadequado do solo.

No Brasil, dados diversos revelam que o déficit anual médio de nutrientes encontra-se entre 25 e 35 kg/ha de $N + P_2O_5 + K_2O$, levando solos anteriormente férteis a tornarem-se não férteis em razão da exaustão de nutrientes, tendo assim reduzida as suas capacidades produtivas.

A exaustão de nutrientes no solo é também uma das causas da erosão, outro fator importante no processo de degradação dos solos, pois está diretamente relacionado à eficiência da cobertura do solo.

A erosão atinge cerca de 13% da superfície do planeta, afetando cerca de 1,65 bilhão de hectares de terras que se encontram degradados (ABREU; LOPES; SANTOS, 2007).

Um dos aspectos mais deletério da erosão é a perda da matéria orgânica dos solos, e conseqüentemente de nutrientes vitais para a planta, tal como o N, P e S, ocorrendo assim o ciclo vicioso no processo de degradação dos solos.

Floss (2000), citado por Jaremtchuk (2006), considera que com relação à reciclagem de nutrientes, as palhas de gramíneas são fornecedoras em médio e longo prazo de nutrientes às culturas sucessoras, com acúmulo na camada superficial. Este processo favorece o aumento nos teores de fósforo e potássio do solo, principalmente os conduzidos sob a semeadura direta.

A restituição da matéria orgânica através dos restos culturais contribui com a atividade biológica do solo, favorecendo assim a estabilidade dos agregados, a retenção de umidade e a melhoria da capacidade de infiltração de água no perfil.

Desta forma, sistemas de produção agrícola que promove o aporte e a reciclagem de frações da planta ao solo, tais como o plantio direto, áreas com adubos verdes e orgânicos, intensificam a atividade microbiana e a intermediação dos microrganismos do solo no processo de fornecimento de N as plantas (CECATO et al., 2011).

Diferentes taxas de translocação ocorrem entre os nutrientes extraídos pela cultura do milho. O P é quase todo translocado para os grãos (77 a 86%), seguindo-se do N (70 a 77%), S (60%), Mg (47 a 69%), K (26 a 43%) e Ca (3 a 7%) (COELHO, 2006).

Quando considerado somente a produção de grãos, grande parte dos nutrientes extraídos retorna ao solo através dos restos culturais, sendo o K o nutriente com maior potencial de restituição. Considerando a faixa de produtividade de 9,17 t. de grãos/ha, a cultura do milho absorve 143 kg de K/ha, dos quais apenas 42 kg/ha (32%) foram exportados nos grãos e 97 kg/ha de K (68%) encontram-se nos restos culturais, ou seja, na palhada sob o solo. Assim, a cultura do milho, quando direcionada para a produção de grãos, é considerada como altamente recicladora de K, com média de 12 kg de K para cada tonelada de palha de milho (COELHO, 2006).

O cátion K^+ não é metabolizado na planta e forma ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade. É o cátion mais abundante no citoplasma das células vegetais, tendo como maior contribuição ao metabolismo das plantas o fato de estar relacionado com o controle do potencial osmótico das células e dos tecidos (MARSCHNER, 1995), citado por Jaremtchuk (2006).

No processo de decomposição das frações de plantas não colhidas, a lixiviação do K é facilitada em razão da sua localização e forma como se encontra nos tecidos vegetais. Assim, logo após o manejo das plantas em cobertura, o K encontrado em componentes não estruturais e na forma não iônica no vacúolo da célula das plantas terá baixa dependência de processos microbianos para sua liberalização (MARSCHNER, 1995; ROSOLEM et al., 2003), citados por Jaremtchuk (2006).

Em palhada de milho e arroz, segundo Tian et al. (1992), citado por Jaremtchuk (2006), a liberação do K foi de 80% em aproximadamente sete semanas.

Os demais nutrientes, apesar de em menores quantidades em comparação ao K, também apresentam taxas significativas de retorno juntamente com a deposição da palhada após a colheita.

Assim, considerando as taxas de acumulação destes nutrientes na planta, e de exportação através dos grãos, pode-se obter o retorno de 49,5 kg de N; 6,3 kg de P; 11,7

kg de Mg; 28,5 kg de Ca/ha, do total de cada nutriente extraído do solo, considerando-se a produtividade de 9,17 t de grãos/ha (COELHO, 2006).

O colmo constitui-se no principal compartimento de acúmulo de K, Mg, Fe e Mn no estágio de maturidade (DUARTE et al., 2003). Desta forma, a elevação da altura de colheita da planta de milho constitui-se em um fornecimento adicional de nutrientes ao solo.

Andrade et al. (1998b), estudando a extração de nutrientes em silagem, determinaram um retorno potencial de 41,3; 13,0 e 19,5% de N, P e K, respectivamente quando o corte foi realizado 55 cm contra 11,7; 3,6 e 5,1% quando a colheita foi feita a 15 cm de altura. Para este autor, o corte alto poderia retornar ao solo, através da fração de planta não colhida, o equivalente a 78 a 102 kg de cloreto de potássio.

Jaremtchuk (2006), estudando a elevação da altura de corte de 20 para 40 cm, em relação ao solo, determinou uma redução de 19,15% do potássio exportado pela planta de milho no processo de ensilagem. Porém, esta autora conclui que a colheita na menor altura de corte (20 cm) deve ser recomendada em relação a maior (40 cm) por proporcionar maior produtividade animal por área.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 646-736.
- ALMEIDA FILHO, S. L.; FONSECA, D. M.; GARCIA, R.; OBEID, J. A.; SILVA E OLIVEIRA, J. Características agronômicas de cultivares de milho (*Zea mays, L.*) e qualidade dos componentes e silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 7-13, 1999.
- ANDRADE, J. B.; HENRIQUE, W.; BRAUN, G.; ROSANA, E. Produção de silagem e reciclagem de nutrientes em sete cultivares de milho 2 – Composição mineral. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998a. p. 278-280.
- ANDRADE J. B.; HENRIQUE, W.; BRAUN, G.; ROSANA, E. Produção de silagem e reciclagem de nutrientes em sete cultivares de milho 3 – Extração e reciclagem de nutrientes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998b. p. 281-283.
- ANDRADE, A. G. *Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (Zea mays L.)*. 1975. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1975.
- ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; BÜLL, L. T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 35, n. 12, p. 2437-3446, 2000.
- ANDRIEU, J.; DEMARQUILLY, C.; DARDENNE, P.; BARRIÈRE, Y.; LILA, M.; MAUPETIT, P.; RIVIÈRE, F.; FEMENIAS, N. Composition and nutritive value of whole maize plants fed fresh to sheep. 1. Factors of variation. *Annales de Zootechnie*, Paris, v. 42, p. 221-249, 1993.

BARBER, S. A. *Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1995. 414 p.

BORGES, I. D.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, J. L. A. R. Micronutrients accumulation at different maize development stages. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n. 4, p.1018-1025, 2009.

BORGES, J. D.; BARROS, R. G.; SOUZA, E. R. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA, I. P.; CARNEIRO, M. F.; NAVES, R. V.; SONNENBERG, P. E. Teores de micronutrientes nas folhas de milho fertilizado com lodo de curtume. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 23, n. 2. p.1-6, 2007.

BUXTON, D.; REDFEARN, D.; JUNG, H. *Plant Limitations to Fiber Digestion and Utilization*. 1996. Disponível em:
<<http://nutrition.highwire.org/content/127/5/814S.full.pdf+html>>. Acesso em: 14 ago. 2013.:

CAETANO, H. *Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem*. 2001. 178 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)– Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

CANTARELLA, H.; VAN RAIJ, B.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: VAN RAIJ, B.; CANTARELLA H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. G. (Eds.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p. 43-70. (Boletim 100).

CECATO, U.; GALBEIRO, S.; PARIS, W.; SOLARES FILHO, C. V.; TEIXEIRA S. Uso de nitrogênio em pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL A PASTO, 2011, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2011. p.117-161.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. (Eds.). *A cultura do milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. cap. 6, p.131-157.

COELHO, A. M.; FRANCA, G. E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, v. 71, n. 1, p. 1-9, set. 1995.

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

COELHO, A. M.; ALVES, V. M. C. Adubação fosfatada na cultura do milho. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Eds.). *Fósforo na agricultura brasileira*. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 243-283.

COOMANS, D.; VAN EETVELT, V. *Gras van veld tot voer*. Tongerlo: LCV, 1999.

- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Cultivares de Milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. (Eds.). *A cultura do milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. cap. 7, p.160-197.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA, F. T. F.; PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, J. J. *Produção e Composição Bromatológica de Cultivares de Milho para Silagem*. Sete lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. (Comunicado técnico, 117).
- CRUZ, J. C. Cultivares de Milho para silagens. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998, p. 93-114.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos Requeridos a Nutrição de Plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. H.; BARROS, N. F., FONTES, R. L. F., CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 92-132.
- DEMARQUILLY, C. Facteurs de variation de la valeur nutritive dumais ensilage. *Production Animal*, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 177-189, 1994.
- DOUGHERTY, C. T.; RHYKERD, C. L. The role of nitrogen in forage-animal production. In: HEATH, M. E.; BARNES, R. F.; METACALFE, D. S. *Forages: the science of grassland agriculture*. 4. ed. Ames: Iowa State University, 1985. p. 318-325.
- DUARTE, A. P.; KIEHL, J. C.; CAMARGO, M. A. F.; RECO, P. C. 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.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C.; AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O. Acúmulo de nitrogênio (^{15}N) pelos grãos de milho em função da fonte nitrogenada em latossolo vermelho. *Bragantia*, Campinas, v. 68, n. 2, p. 463-472, 2009.
- EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C.; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; SANTANA, R. A. V. Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* stapf cv. Marandu) com e sem emurchecimento. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 28, n. 2, p. 443-449, 2004.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. *Produção de milho*. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- FARIA, V. P. Técnicas para produção de silagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 114-119.
- FERREIRA, J. J. Estágio de maturação ideal para ensilagem do milho e do sorgo. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. (Eds.) *Produção e utilização de silagem de milho e sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 405-428.

- FONTANELLI, R. S.; DURR, J. W.; BASSO, S. M. S.; APPELT, J. V.; HAUBER, F. A. Avaliação da qualidade de silagens de milho através da espectrometria de reflectância no infravermelho proximal (NIRS). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. p. 1-3.
- FORESTIERI, E. F.; DE POLLI, H. Calagem, enxofre e micronutrientes no crescimento do milho e da mucuna preta num Podzólico Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 14, n. 2, p.167-172, 1990.
- GALRÃO, E. Z. Métodos de aplicação de zinco e avaliação de sua disponibilidade para o milho num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, fase cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 20, p. 283-289, 1996.
- HUTJENS, M. *Selecting corn silage varieties*. 2000. Disponível em: <<http://dairynet.outreach.uiuc.edu/fulltest.cfm?section=1&documentID=408>>. Acesso em: 16 ago. 2013.
- JANSSEN, H. P. *Adubação nitrogenada para rendimento de milho silagem em sucessão ao azevém pastejado, pré-secado e cobertura em sistemas integrados de produção*. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- JAREMTCHUK, A. R. *Produção, composição bromatológica e extração de potássio pela planta de milho para silagem colhida em duas alturas de corte*. 2006. 30 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Estadual Paulista Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2006.
- JAREMTCHUK, A. R.; JAREMTCHUK, C. C.; BAGLIOLI, B.; MEDRADO, M. T.; KOZLOWSKI, L. A.; COSTA, C.; Madeira, H. M. F. Características agrônômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, Maringá, v. 27, n. 2, p.181-188, 2005.
- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade de forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 36, p. 101-119, 2007. (Suplemento Especial).
- JOHNSON, L.; HARRISON, J. H.; HUNT, C.; SHINNERS, K.; DOGGETT, C. G.; SAPIENZA, D. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: a contemporary review. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v. 82, n. 12, p. 2813-2825, 1999.
- KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. *Agronomy Journal*, Madison, v. 80, n. 2, p. 232-242, 1988.
- LAUER, J. *Corn silage and quality trade-offs when changing cutting height*. 1998. Disponível em: <<http://corn.agronomy.wisc.edu/AA/A020.aspx>>. Acesso em: 23 abr. 2012.

LUPATINI, G. C.; MACCARI, M.; ZANETTE, S.; PIACENTINI, E.; NEUMANN, M. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho (*Zea mays* L.) para produção de silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 3, n. 2, p. 193-203, 2004.

MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. Piracicaba: Ceres, 1980. 215 p.

MARTIN, T. N.; PAVINATO, P. S.; SILVA, M. R.; ORTIZ, S.; BERTONCELLI, P. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADA, 4., 2011, Maringá. *Anais...* Maringá: Sthampa, 2011. p.173-220.

MAYOMBO, A. P.; DUFRASNE, I.; HORNICK, J. L.; DIEZ, M.; ISTASSE, L. Influence du stade de maturité de la plante de may récolté pour ensilage sur la compostion, la digestibilité apparente, les caractéristiques de fermentation dans le rumen et les performances zootechniques chez le taurillon à l'engraissement. *Annales de Zootechnie*, Paris, v. 46, n. 1, p. 43-55,1997.

MELO, W. M. C.; VON PINHO, R. G.; CARVALHO, M. L. M. Avaliação de cultivares de milho, para produção de silagem na região de Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, MG, v. 23, n. 1, p. 31-39, 1998.

MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v. 71, n. 11, p. 2992-3002, 1988.

MÜHLBACH, P. R. F. Produção de leite com vacas de alta produtividade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria, RS. *Anais...* Santa Maria, RS: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. p. 20.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington, D.C., 2001. 381 p.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; RESTLE, J.; OST, P. R. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1603-1613, 2007.

NEUMANN, M.; OLIVEIRA, M. R.; ZANETTE, P. M.; UENO, R. K.; MARAFON, F.; SOUZA, M. P. Aplicação de procedimentos técnicos na ensilagem do milho visando maior desempenho animal. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADA, 4., 2011, Maringá. *Anais...* Maringá: Sthampa, 2011. p. 95-130.

NUSSIO, L. G. A cultura do milho e sorgo para a produção de silagem. In: FANCELLI, A. L. (Coord.). *Milho*. Piracicaba: FEALQ/USP, 1990. p. 58-88.

NUSSIO, L. G. Produção de silagem de alta qualidade. In: REUNIÃO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19., 1992, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SAA, 1992. p. 155-175.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p. 127-145.

OLIVEIRA, F. C. L. Productive characteristics of maize hybrids at different cutting heights for silage and organic matter and mineral rates in post-harvest residues. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 35, n. 2, p.133-138, 2013.

OLIVEIRA, J. S.; SOBRINHO, F. S.; PEREIRA, R. C.; MIRANDA, J. M.; BANYNS, V. L.; RUGGIERI, A. C.; PEREIRA, A. V.; LEDO, F. S.; BOTREL, M. A.; AUAD, M. V. Potencial de utilização de híbridos comerciais de milho para silagem, na região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 2, n. 1, p. 62-71, 2003.

PAULETTI, V. *Nutrientes: teores e interpretações*. 2. ed. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica e Agropecuária, 2004. 86 p.

PENATI, M. A. *Relação de alguns parâmetros agronômicos e bromatológicos de híbridos de milho (Zea mays L.) com a produção, digestibilidade e teor de matéria seca da planta*. 1995. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)—Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, A. C. Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays* L.) e de três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o valor nutritivo de suas silagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, p. 31-38, 1993.

PIONNER SEMENTES. *Súmula técnica*. Santa Cruz do Sul, 1996. 20 p. (Informe técnico, 2).

RENTERO, N. Qualidade total: nova referência das silagens. *Balde Branco*, São Paulo, v. 34, n. 403, p. 22-28, 1998.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. *Como a planta de milho se desenvolve*. Piracicaba: Potafos, 2003. 20 p. (Informações Agronômicas, 103).

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 355-362, 2003.

ROSSI JÚNIOR, P.; FUGISAWA, A. C.; SCHOGOR, A. L. B.; MURO, G. B. Digestibilidade aparente de dois cultivares de milho, cortados em diferentes alturas, submetidos à ensilagem. *Arquivos of Veterinary Science*, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 58-61, 2006.

SENGER, C. C. D.; MÜHLBACH, P. R. F.; SÁNCHEZ, L. M. B.; PERES NETTO, D.; LIMA, L. D. Composição química e digestibilidade “in vitro” de silagem de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1393-1399, 2005.

SILVA, C. P. M.; MOTA, A. C. V.; PAULETTI, V. Esterco de gado leiteiro associado à adubação mineral e sua influência na fertilidade de um latossolo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 453-463, 2010.

SILVA, L. F. P.; MACHADO, P. F.; FRANCISCO JÚNIOR, J. C.; DONIZETTI, M. T. Avaliação da qualidade da forragem e componentes da parede celular. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. *Anais... Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 1997. p. 176-178.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

UENO, R. K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; BASIL, S.; ROSÁRIO, J. G. Dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à produção de milho para forragem. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 182-203, 2011.

VASCONCELLOS, C. A.; PEREIRA FILHO I. A.; CRUZ, J. C. *Adubação para milho verde*. Sete Lagoas: Embrapa, 2002. (Circular técnica, 17).

VASCONCELOS, R. C.; VON PINHO, R. G.; REZENDE A. V.; PEREIRA, M. N.; BRITO, A. H. Efeito da altura de corte das plantas na produtividade de matéria seca e em características bromatológicas da forragem de milho. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1139-1145, 2005.

VELHO, J. P.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; VELHO, I. M. P. H.; GENRO, T. C. M.; KESSLER, J. D. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1532-1538, 2007.

VERBIC, J.; STEKAR, J. M. A.; CEPON, M. R. Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. *Animal Feed Science Technology*, [S.l.], v. 54, n. 1, p. 133-148, 1995.

VILLELA, T. E. A. *Época de semeadura e de corte de plantas de milho para silagem*. 2001. 80 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

VON PINHO, R.G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, J. L. A. R.; REIS, M. C. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 8, n. 2, p. 157-173, 2009.

WU, Z.; ROTH, G. *Considerations in managing cutting height of corn silage*. College Park: Pennsylvania State University, 2005. p. 3-72. (Extension publication DAS).

ZEOULA, L. M.; BELEZE, J. R. F.; CECATO, U.; JOBIM, C. C.; GERON, L. J. V.; PRADO, O. P. P.; FALCÃO, A. J. S. Avaliação de Cinco Híbridos de Milho (*Zea mays*, L.) em Diferentes Estádios de Maturação. 4. Digestibilidade da Matéria Seca, Matéria Orgânica e Fibra em Detergente Neutro da Porção Vegetativa e Planta Inteira. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 567-575, 2003.

III – Altura de corte na composição nutricional da forragem e nos nutrientes minerais da fração não colhida de milho para silagem

Cutting height on forage nutritional composition and mineral nutrients of corn crop residues for silage

Resumo

Foi avaliado o efeito de quatro alturas de corte (15, 25, 35 e 50 cm) sobre a qualidade da silagem de milho e o potencial de restituição ao solo de nutrientes minerais provenientes da fração não colhida de milho. O híbrido de milho utilizado foi o Dekalb 789, sendo que no ponto de ensilagem as plantas foram colhidas conforme a altura de corte pré-determinada. Foram utilizados 16 silos experimentais de PVC de 20 cm de diâmetro por 40 cm de altura, sendo quatro repetições para cada tratamento. Na fração não colhida, em cada altura de corte, foram determinados os teores de MS, MM, MO e de macronutrientes (N, P, K, S, Ca, e Mg) e de micronutrientes (Zn, Cu, Fe e Mn). As produtividades de leite por tonelada de silagem e por hectare foram estimadas através do modelo Milk 2006. A produtividade da forragem ensilável foi de 12,2 t de MS/ha. A participação dos diferentes componentes estruturais da planta de milho no total da forragem ensilada (MS) foi de 39,47% de espigas, 34,42% de colmos e 24,22% de folhas e 1,89% de panículas. A elevação da altura de corte de 15 para 50 cm reduziu a produtividade da MS em 10,6% e elevou os teores de PB (7,88 a 9,00% MS), EE (1,84 a 2,33% MS) e FDA (31,75 a 28,00% MS). A eficiência alimentar da forrageira melhorou, elevando os valores de NDT (65,50 a 68,23) e de EL_1 (1,21 a 1,27), porém ocorreu redução da produtividade estimada de leite/ha (11.887 a 10.740 litros). As maiores alturas de cortes avaliadas, 50 cm para N, S, Ca, e Mg e 35 cm para P e K em relação ao nível do solo, promoveram as restituições ao sistema de produção de 24,9% do K, 17% do Ca, 16 % do Mg, 9 % do N e 5,6% do P do total extraído de cada nutriente mineral. Da mesma forma, o retorno potencial dos micronutrientes extraídos pelas plantas de milho foi de 13% do Cu, 6% do Zn e 30% do Mn. A elevação da altura de corte da planta de milho possibilitou, através da fração não colhida, aumento significativo na restituição de macronutrientes ao sistema de produção. Porém, para as condições do experimento, apresentou redução da produtividade de leite.

Palavras-chave: caule, composição química, folha, nutrientes minerais, fração não colhida de milho

Abstract

The effect of four cutting heights were evaluated (15, 25, 35 and 50 cm) on the corn silage quality and the potential of nutrients restitution to the soil obtained from corn crop residues. The corn hybrid used was Dekalb 789. The plants were harvested, at the point of silage, according to the predetermined cutting height. Sixteen experimental silos of PVC were utilized with 20 cm of diameter and 40 cm of height, including four repetitions for each treatment. On the residues in each cutting height were determined the contents of DM, MM, OM and macronutrients (N, P, K, S, Ca and Mg) and micronutrients (Zn, Cu, Fe and Mn). The production of milk per ton of forage and per hectare was estimated using the model Milk2006. The productivity of biomass was 12.2 t of DM/ha. The participation of different corn components on total ensiled biomass total (DM) was 39.47% of corn cobs, 34.42% of corn stalk, 24.22% of leaves and 1.89% of panicles . The height of harvest increasing from 15 cm to 50 cm reduced 10.6% DM productivity and increased the CP levels (7.88% to 9.00% DM), EE (1.84% to 2.33% DM) and FDA (31.75% to 28.00%DM).The forage feed efficiency improved, increasing the levels of TDN (65.50 to 68.23) and of EL₁ (1.21 to 1.27), however there was a reduction on the estimated yield of milk/ha (11.887 to 10.740 liters). The highest cutting heights evaluated 50 cm to N, S, Ca, and Mg, and 35cm to P and K, (related to the soil level) promoted the restitution to the soil of 24.9% of K, 17% of Ca, 16% of Mg, 9% of N and 5.6% of P of the total extracted from each mineral nutrient. On the same way the potential return of micronutrients extracted by the corn crops were 13% of Cu, 6% of Zn and 30% of Mn. The increase on the corn cutting height enabled, through the residues, a significant increase on the restitution of macronutrients to the production system. However for the experiment conditions, resulted on milk productivity reduction.

Key words: stalk, chemical composition, leaf, mineral nutrients, crop residue

Introdução

A prática da ensilagem possibilita dispor de alimento volumoso para os rebanhos durante o período de estacionalidade de produção das plantas forrageiras (CRUZ, 1998).

O milho (*Zea Mays* L.) é a espécie mais utilizada no Brasil na produção de silagem de alta qualidade, possibilitando incrementos de produtividade na medida em que proporciona maior eficiência aos sistemas de produção animal. O mesmo oferece diferentes tipos de silagens, proporcionando alimento volumoso quando ensilada a

planta inteira ou a sua parte superior; e como alimento energético quando se opta pela ensilagem de espigas e de grãos úmidos (VON PINHO et al., 2006).

A silagem de milho fornece de 50 a 100% a mais de energia digestível por hectare que qualquer outra forrageira (VELHO et al., 2007). Inúmeros fatores podem interferir no valor nutritivo da silagem de milho, dentre os quais se destacam: as características agrônômicas do híbrido de milho utilizado (OLIVEIRA, 2003); o manejo da cultura (NUSSIO; CAMPOS; DIAS, 2001); as condições edafoclimáticas (JANSSEN, 2009); a maturidade e umidade no momento da colheita (SENGER et al., 2005; JOHNSON et al., 1999); a eficiência nos procedimentos de ensilagem e desensilagem da forrageira (JOBIM et al., 2007) e a digestibilidade da fração volumosa (RENTERO, 1998).

Também a porcentagem de grãos na massa ensilada (% MS) e a composição química da porção colmo+folha são fatores principais na produção de silagem (NUSSIO; CAMPOS; DIAS, 2001). Desta forma, a planta ideal de milho para ensilagem deve apresentar (base na MS) de 20 a 23% de colmo, 12 a 16% de folhas e de 64 a 65% de espigas, a fim de garantir qualidade ao volumoso, bem como 40 a 50% de grãos, sendo estes os responsáveis por aproximadamente 50% do valor nutritivo (FARIA, 1986; NUSSIO, 1990; NUSSIO; CAMPOS; DIAS, 2001).

Dentre esses fatores que influenciam o valor nutritivo da silagem e, por conseguinte, o desempenho animal, está a elevação da altura de corte da forrageira, visando a maior proporção de grãos e menor participação de fibras no material ensilado. Esta prática também favorece o maior retorno ao solo de parte do colmo e de folhas basais, materiais estes de menor qualidade nutricional, porém constituídos de quantidades razoáveis de minerais, principalmente potássio e cálcio,

Em híbridos de milho colhidos a 50 cm a MS da silagem, em média, foi composta por 68,68% de espiga (48,97% de grãos e 19,66% de palha+sabugo), 17,4% de folhas e 13,96% de colmos (LUPATINI et al., 2004). A elevação da altura de corte de 0,1 para 0,8 m do solo possibilitou a diminuição dos teores de FDN em 8,8% e aumento de 10,9% no teor de PB (VASCONCELOS et al., 2005). Para Hutjens (2000), a elevação na altura de corte do milho, a cada 15 cm, espera-se a redução de 1% no teor de FDA do material colhido, sendo a redução na produção de MS ao redor de 850 kg/ha.

A elevação a cada 15 cm da altura da colheita do milho, em média proporciona aumento de 1,3 toneladas de MS que permanece na lavoura, elevando o percentual de cobertura do solo (NUSSIO; CAMPOS; DIAS, 2001).

O milho quando colhido para silagem, além dos grãos, a parte vegetativa também é removida, havendo, conseqüentemente, alta extração e exportação de nutriente. Assim, problemas de fertilidade do solo se manifestam mais cedo em área de produção de silagem comparadamente à produção de grãos. A extração total de nutrientes é dependente do rendimento de fitomassa obtido pela cultura e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada (COELHO, 2006).

No estágio de maturidade do milho, o colmo constitui-se no principal compartimento de acúmulo de K, Mg, Fe e Mn (DUARTE et al., 2003). Desta forma, a elevação da altura de colheita da planta de milho constitui-se em um fornecimento adicional de nutrientes ao solo.

Andrade et al. (1998c), estudando a extração de nutrientes em milho para silagem, determinaram um retorno potencial de 41,3; 13,0 e 19,5% de N, P e K, respectivamente quando o corte foi realizado a 55 cm contra 11,7; 3,6 e 5,1% quando a colheita foi feita a 15 cm de altura. Para este autor, o corte alto pode retornar ao solo, através da fração não colhida da planta, o equivalente a 78 a 102 kg de cloreto de potássio.

Da mesma forma, Jaremtchuk (2006), estudando a elevação da altura de corte de 20 para 40 cm, determinou uma redução de 19,15% do potássio exportado pela planta de milho no processo de ensilagem. Assim, o aumento da fração não colhida da cultura na área é uma contribuição significativa para o estabelecimento de uma exploração duradoura e de altas produtividades para a produção de milho para silagens, merecendo avaliações econômicas mais cuidadosas para justificar a sua recomendação (ANDRADE et al., 1998c).

Porém, a viabilidade desta prática também é questionada, principalmente relacionada a um possível menor retorno econômico, bem como ganhos não significativos na composição de PB (CAETANO, 2001). Para Oliveira (2013), o manejo da altura de corte não é mais eficiente que a utilização dos melhores híbridos para a produção de silagem de alta qualidade e produtividade.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar diferentes alturas de corte da planta de milho quanto à qualidade nutricional da silagem, e quanto à influência deste procedimento na restituição de nutrientes ao solo por meio das frações residuais da planta.

Material e Métodos

A implantação da cultura do milho foi realizada na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) da Universidade Estadual de Maringá, região Noroeste do Estado, com localização geográfica 23°21'05"S e 52°04'34"W e altitude de 520 m de altitude. O

clima da região é classificado por Köppen como cfa, chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Os verões são quentes, com temperatura média superior a 22°C, com tendência de concentrações de chuvas e com geadas pouco frequentes no inverno, a temperatura média referente ao mês mais frio é inferior a 18°C.

Os dados climáticos referentes ao período do experimento são apresentados na Tabela 1. O volume de precipitação pluviométrica durante o desenvolvimento da cultura e colheita para a ensilagem foi de 386 mm, estando abaixo da média dos últimos dez anos para o mesmo período. A média das temperaturas mínima e máxima foi de 19,5 e 30,5°C, respectivamente.

Tabela 1 - Precipitação pluviométrica e temperatura média no período de setembro de 2011 a fevereiro de 2012

Período	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
Precipitação (mm)	196,4	107,0	53,1	135,3	91,4
Temperatura* (°C)	28,3	28,8	31,2	29,7	32,3
Temperatura**(°C)	18,0	17,7	19,6	20,0	20,7

* Temperatura Média Máxima.

** Temperatura Média Mínima.

Os solos desta área são classificados como Latossolo Vermelho, saturação por base alta ($V > 50\%$), teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) de 180 g/kg a < 360 g/kg na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), textura arenosa. O relevo predominante é suave ondulado, com vertentes longas e convexas, a altitude varia entre 575 e 490 m.

A utilização desta área, nos últimos três anos, tem sido exclusiva para a produção de milho para ensilagem, tendo os valores da análise de solo apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição química do solo na área experimental

pH		Al^{3+}	$\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	SB	CTC
CaCl_2	H_2O	----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----						
5,4	5,9	0,0	2,94	1,91	0,79	0,36	3,06	6,00
P	C	V	Ca	Mg	K	Al		
mg dm^{-3}	g dm^{-3}	-----% da CTC-----						
10,10	7,18	51,00	31,83	13,17	6,00	0,00		
S-SO_4^{2-}	Fe	Zn	Cu	Mn				
----- mg dm^{-3} -----								
1,38	383,40	5,91	10,20	273,79				

Ca, Mg, Al – extraídos com $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$;

P, K, Fe, Zn, Cu e Mn – extraídos com Mehlich 1;

H + Al – método SMP;

C – método de Walkley & Black;

S-SO_4^{2-} Extraídos pelo método Fosfato Monocálcico.

CTC – Capacidade de Trocas de Cátions

SB – Soma de Bases

Conforme Cruz e Pereira Filho (2008), os níveis destes elementos disponíveis foram classificados como baixos, considerando a textura mediana do solo. Quanto aos micronutrientes, os teores revelados pela análise de solo, de acordo com Abreu, Lopes e Santos (2007), são classificados para o Estado do Paraná com alto para Zn e excessivos para os demais (Fe, Cu e Mn). A correção do solo foi realizada com a utilização de 2,0 toneladas por hectare de calcário do tipo calcítico. O preparo de solo ocorreu na forma convencional com a utilização de grade de discos, seguida de niveladora. Na adubação de plantio, utilizaram-se 350 kg da formulação química NPK 08-30-16, com a aplicação de 160 kg de ureia em cobertura, 25 dias após a emergência das plantas. A definição do adubo formulado e quantidade aplicada de nutrientes ao solo teve como referência a recomendação de adubação para a cultura, considerando a sua utilização como forragem e com base na disponibilidade dos elementos K e P determinados pela análise de solo.

O híbrido de milho utilizado foi o Dekalb 789, semeado em uma área de 3 hectares no dia 25/10/2011, buscando o estande de 60.000 plantas/ha, com espaçamento de 0,9 m entre linhas e cinco a seis sementes por metro linear.

O controle de invasoras foi realizado com aplicação de 4 L/ha de herbicida seletivo à cultura do milho, com ingrediente ativo Atrazina 370g/L e Metolacoloro 290 g/L.

As determinações das características agrônômicas e produtividade de matéria verde (MV) e de matéria seca (MS) do híbrido de milho foram realizadas através da colheita aleatória de dez plantas na área avaliada. Nestas, foram determinadas a altura de planta, a altura da inserção da espiga e do diâmetro do caule, bem como a quantificação das diferentes frações, caule, folhas, colmo, grãos, brácteas e sabugo. O estande de plantas foi determinado com base na avaliação do espaçamento entre linhas de plantas e número médio de plantas por metro linear.

A definição do momento adequado da colheita para a ensilagem (35% de MS) teve como base o indicador visível linha do leite, conforme Wiersma et al. (1993). O milho foi cortado em 23/02/2012 com auxílio de colhedora de forragens da marca JF92Z10, tendo como base as alturas de cortes definidas em 15, 25, 35 e 50 cm. A altura de corte do implemento foi regulada com auxílio de uma trena métrica, reproduzindo as diferentes alturas de corte possíveis de serem utilizadas em propriedades rurais.

Imediatamente após o corte da forragem para ensilagem, nas diferentes alturas avaliadas, amostras das frações de plantas não colhidas sobre o solo, foram coletadas como forma de avaliar a quantidade de macro e micronutrientes passíveis de serem

restituídos ao sistema produtivo. Assim, foram selecionadas aleatoriamente frações não colhidas de dez plantas em cada altura avaliada, sendo estes cortados ao nível do solo com o auxílio de um facão de poda.

Estas frações foram, então, separadas de acordo com a altura de corte avaliada e divididas em colmo e folhas remanescentes. Estes, após serem pesados e fracionados, foram secas a 55°C por 72 h em estufa de circulação forçada de ar, sendo as amostras secas moídas em moinho estacionário tipo “Willey” com peneira de 1 mm de malha.

As análises laboratoriais das frações não colhidas foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo e Tecido Vegetal do Departamento de Agronomia e no Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá.

Em todas as amostras foram determinadas as concentrações de macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S) cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e de micronutrientes: ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), sendo a determinação destes nutrientes feitas conforme descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Para a coleta da forragem para ensilagem nas diferentes alturas de corte, utilizaram-se de quatro tambores de 200 L de capacidade, instalados em uma carreta agrícola. Logo após o milho correspondente a cada altura de corte foi ensilado em silos experimentais de PVC (20 cm de diâmetro por 40 cm de altura), com quatro repetições.

A compactação da forragem foi realizada com auxílio de bastão de madeira e os silos vedados com lona preta de polietileno e fita adesiva. Posteriormente, os silos foram armazenados em local ventilado e coberto por 160 dias.

Amostras referentes às diferentes alturas de corte foram coletadas embaladas a vácuo e congeladas a -8°C para a determinação de matéria seca e composição químico-bromatológica no momento da ensilagem.

Na abertura dos silos, foram desprezados 10 cm da camada superior e 5 cm da camada inferior da silagem, sendo o restante retirado e homogeneizado. As amostras destinadas às análises químicas foram secas a 55°C por 72 h em estufa com ventilação forçada. As amostras secas foram moídas em moinho estacionário tipo “Willey” com peneira de 1 mm de malha.

No Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) - UEM, Maringá-Pr foram realizadas as determinações de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), segundo AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991) e

lignina (Lig), conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2006), e digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS), segundo a metodologia descrita por Tilley e Terry (1963), com modificações por Holden (1999), com uso do equipamento Daisy II (ANKOM technology); e a estimativa de nutrientes digestíveis totais (NDT), segundo Patterson (2000), em que $NDT = (88,9 - (0,779 \times \%FDA))$.

As estimativas de energia líquida para lactação (EL_1), produtividade de leite/tonelada de silagem (eficiência alimentar) e produtividade de leite/hectare foram geradas com o auxílio do programa Milk 2006, desenvolvido por Shaver e Lauer (2006).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre as médias comparadas, utilizando-se o teste de Tukey, sendo os efeitos considerados significativos para $P < 0,05$.

Resultados e Discussão

Pluviometria

Observa-se, conforme dados na Tabela 1, adequado nível de precipitação pluviométrica durante a implantação e emergência das plantas no mês de outubro de 2011, o qual possibilitou adequada umidade do solo e a consolidação do estande desejado (60.000 plantas/ha). Porém, considerando-se a média de precipitação para o período na região, detecta-se déficit hídrico durante todos os meses seguintes, os quais abrangem os diversos estádios de desenvolvimento da cultura. Esta deficiência atingiu 40% no mês de novembro, 70% no mês de dezembro, 50% em janeiro e também 50% em fevereiro de 2012. O volume total de precipitação para o período que compreendeu o desenvolvimento da cultura até o momento da ensilagem foi de 386 mm.

A quantidade de água consumida por uma lavoura de milho durante o seu ciclo está em torno de 600 mm. Dois dias de estresse hídrico no florescimento diminuem o rendimento em mais de 20%, chegando a 50% quando o estresse hídrico atinge quatro a oito dias neste período (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2008).

Proporção dos componentes estruturais da planta de milho.

No presente trabalho, a participação dos diferentes componentes estruturais da planta de milho cortados rento ao solo no total da forragem ensilada (MS) foi de: 39,47% de espigas, 34,42% de colmos, 24,22% de folhas e 1,89% de panículas (Tabela 3). A fração espiga foi composta de 51,40% de grãos, 28,32% de brácteas e 20,28% de sabugo.

Segundo Nussio (1990), o perfil ideal da planta de milho para a ensilagem contempla a participação de 16% de folhas, 20 a 23% de colmo e 64 a 65% de espigas, sendo a fração espiga constituída de 74 a 75% de grãos, 7 a 10% de brácteas (palhas) e 14 a 17% de sabugo.

Para Banys et al. (1996), é fundamental o estudo das relações das partes componentes da planta forrageira, pois a qualidade da silagem está intimamente relacionada às características morfológicas da planta.

Tabela 3 – Características agrônômicas e produtividade de matéria verde (MV) e de matéria seca (MS) do milho híbrido DKB 789 colhido no ponto de ensilagem (corte rento ao solo)

MV (t/ha)	MS (t/ha)	Componentes estruturais ¹			Composição da fração espiga		
		Espiga -----% da MS total-----	Colmo	Folha	Grãos	Brácteas	Sabugo
39,30	12,42	39,47	34,42	24,22	51,40	28,32	20,28
Altura da planta	Altura inserção espiga	Diâmetro do colmo			Produção grãos	Índice de colheita de grãos (IC) ²	
207,00	113,00	2,24			t/ha MS	----%---	
					2,55	20,62	

¹ Excetuando-se a fração Panícula – 1,89% da MS total

² I.C. = (Produção de grãos/produção de forragem) x 100

A comparação entre os dados obtidos no presente trabalho e aqueles citados como ideais, demonstram a maior participação das frações folhas e colmo em detrimento a menor proporção da fração espiga. Na fração espiga, ressalta-se a baixa proporção de grãos, que determinou o índice de colheita (IC) de 20,62%. Com base nos dados mencionados por Nussio, Campos e Dias (2001) como ideais para a planta de milho, o IC deveria atingir cerca de 48%.

Este baixo rendimento da fração grão, 2,5 t/ha, demonstra a influência do déficit hídrico em estádios importantes do desenvolvimento da planta, ou seja, no estágio de

pré-florescimento (V18), pois, conforme Cruz (1998), esta deficiência compromete a sincronia entre emissão de pólen e recepção do mesmo pela espiga, bem como determina no estágio seguinte (R1) o ressecamento destas estruturas reprodutivas, acarretando desta forma menor granação da espiga. Posteriormente em R2, a deficiência hídrica compromete o acúmulo de MS nos grãos em razão da menor eficiência da translocação de fotoassimilados de folhas e colmos para os mesmos.

As características agronômicas do híbrido, diâmetro de colmo, altura da planta e inserção da espiga são influenciadas pela genética do material, pelo manejo da cultura e também pelas condições edafoclimáticas do local de cultivo. O diâmetro de colmo obtido no presente trabalho foi de 2,24 cm (Tabela 3), valor este adequado, conforme Sangoi et al. (2001) e Penariol et al. (2003). Estes autores ressaltam que o estande de plantas, a fertilidade do solo e a disponibilidade hídrica durante o cultivo são os fatores que mais influenciam a definição desta característica. Assim, a adequada umidade do solo nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta e o estande utilizado para a cultivar (60.000 plantas/ha) podem ter compensado o baixo índice de precipitação pluviométrica nos estádios seguintes não determinando redução no diâmetro do caule.

A altura média da planta e da inserção da espiga obtidas, 207 e 113 cm, respectivamente, foram inferiores aos valores mencionados como características da cultivar (230 e 120 cm). Isso pode ser devido à influência da baixa umidade de solo, mais acentuada após metade do estágio de desenvolvimento vegetativo da cultura. Estas alturas são variáveis morfológicas importantes na cultura do milho, pois estão relacionadas diretamente ao acamamento de plantas e perda de grãos durante a colheita e ensilagem.

Com relação à produção total de massa de forragem, verifica-se que a produtividade de MV foi de 39,30 t/ha com 12,42 toneladas de MS/ha. Alguns trabalhos demonstram produções superiores, como Oliveira et al. (2010) que obtiveram 67,18 t/ha e Lupatini et al. (2004) com 45 t/ha de forragem verde, média de 15 híbridos avaliados. Porém, a produtividade do milho é dependente de vários fatores ligados ao manejo da cultura e edafoclimáticos. Nas condições do experimento, a deficiência hídrica ocorrida durante o ciclo da cultura foi fator preponderante para a determinação da menor produtividade de massa ensilada, aproximando-se de valores médios obtidos por sistemas de produção que se caracterizam por menor investimento em tecnologia e insumos.

A média do teor de MS da planta inteira no momento da ensilagem foi de 31,6%, valor este adequado ao processo, porém, houve variação entre as frações constituintes da planta, atingindo 39% para espiga empalhada e 29,5% para a fração colmo+folha.

Resultados semelhantes foram obtidos por Cruz et al. (2005), que determinaram 44,06 a 49,39% para a espiga empalhada e 27,26 a 30,05% para colmos e folhas de MS ao avaliar 11 híbridos de milho. Para estes autores, a diferença na maturação entre estas partes da planta muitas vezes causa dificuldades no estabelecimento do melhor ponto para a ensilagem da cultura do milho.

Conforme dados na Tabela 4, verifica-se redução de 11,49 para 10,27 t/ha (10,6%) no rendimento de forragem ao elevar-se a altura de corte de 15 para 50 cm. Esta redução está de acordo com relatos de outros autores (BERNARD, 2004; JAREMTCHUK, 2006; OLIVEIRA, 2013). A elevação na altura de corte da planta diminui o volume de massa a ser ensilada, porém, aumenta a qualidade da mesma, já que a participação de grãos é proporcionalmente aumentada. Também, determina menor porcentagem da fração colmo, e conseqüentemente menor conteúdo de fibras e maior valor energético da forragem. (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; LUPATINI et al., 2004; VASCONCELOS et al., 2005).

Tabela 4 – Características agrônômicas e produtividade de matéria seca (MS) do milho híbrido DKB 789 colhido nas diferentes alturas de corte avaliadas

Altura de corte (cm)	MS (t/ha)	Componentes estruturais			
		Espiga	Colmo	Folha	Panícula
		-----% da MS total-----			
50	10,27	47,55	27,10	23,08	2,27
35	10,63	46,08	28,18	23,54	2,20
25	11,01	44,35	29,89	23,64	2,12
15	11,49	42,61	31,61	23,75	2,03
Média	10,85	45,14	29,19	23,50	2,15
Planta Inteira	12,42	39,47	34,42	24,22	1,89

Assim, a elevação da altura de corte de 15 para 50 cm promoveu o aumento da proporção de espigas no material ensilado em 5% e a redução de colmo em 4,5%. A fração folhas manteve-se praticamente inalterada. De acordo com as proporções consideradas ideais das diferentes frações componentes da planta (Nussio, 1990; Keplin, 1992; Lupatini et al., 2004), mesmo a maior altura de corte (50 cm), não foi eficiente para a obtenção dos valores desejados.

Silagens de milho de boa qualidade são proporcionadas por cultivares que apresentam de 40 a 50% de grãos na matéria seca do material ensilado (Faria 1986). No presente trabalho, o IC de grãos na maior altura de corte avaliada (50 cm) foi de 24,5%

do total de MS, bastante inferior a 48%, mencionado por Nussio, Campos e Dias (2001) como adequado.

A forragem de milho ensilada – composição química

Com relação à composição da silagem (Tabela 5), diferentemente do relatado por Oliveira (2013), os teores de MS nas distintas frações da planta inteira (espiga e colmo+folha) não influenciaram significativamente ($P>0,05$) o teor de MS final das silagens nas diversas alturas de corte avaliadas. O teor médio de MS das silagens foi de 28,10% e variou de 26,88 a 29,40%.

Tabela 5 - Composição química de silagem de milho colhida em diferentes alturas de corte

Altura Corte (cm)	MS (%)	Cinza	PB	EE	FDN	FDA	Hemicelulose	Lignina	
			-----% MS-----						
15	27,64 a	3,78 b	7,88 b	1,84 b	59,96 a	31,75 a	26,77 a	3,78 a	
25	28,49 a	4,04 ab	8,22 ab	2,10 ab	59,51 a	31,68 a	27,76 a	4,06 a	
35	29,40 a	4,15 a	8,74 ab	2,18 ab	57,25 a	30,48 ab	28,21 a	4,09 a	
50	29,30 a	3,27 c	9,00 a	2,33 a	55,11 a	28,00 b	27,12 a	3,63 a	
Média	28,10	3,81	8,46	2,11	57,95	30,47	27,46	3,89	
CV (%)	5,00	4,85	5,78	10,30	3,72	3,65	3,93	7,23	

CV = Coeficiente de variação.

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

No presente trabalho, o aumento da proporção da fração espiga no material ensilado e a redução na fração colmo, obtidos com a elevação da altura de corte (Tabela 4), promoveram diferença significativa ($P<0,05$) para PB, EE e FDA somente entre a menor e a maior altura de corte avaliadas (15 e 50 cm). Entre a menor altura (15 cm) e as intermediárias (25 e 35 cm) não se verificou diferenças entre as médias. Este fato pode ter sido influenciado pelo menor desenvolvimento da planta, motivado pelo déficit hídrico verificado no período de cultivo, principalmente nos estádios de reprodução.

Os teores de PB das silagens avaliadas nas diferentes alturas de corte oscilaram entre 7,88 a 9,00% do teor de MS. Estes valores estão adequados conforme a faixa ideal de 6 a 9%, indicada por Cruz et al. (2005). Vasconcelos et al. (2005) constataram aumento no teor de PB com a elevação da altura de corte de 0,1 para 0,8 m em razão da menor participação da fração colmo, constituída de maior teor de fibras e menores de nitrogênio total. Porém, Pereira et al. (1997) não verificaram efeito significativo na composição química e digestibilidade da MS em silagens de milho provenientes de

duas alturas de corte (rente ao solo ou na inserção da espiga). Os bons níveis de PB obtidos em todos os tratamentos e a não ocorrência de diferença significativa ($P > 0,05$) entre as três maiores alturas de corte, podem estar relacionados à proporção da fração folha no material ensilado. A média de 23,5% da MS desta fração (Tabela 4) é superior aos 16%, mencionada como ideal por Nussio (1990). A maior concentração de PB na fração folha foi demonstrada por Mello et al. (2005), avaliando seis híbridos de milho, atingindo 16,09% contra 10,89% e 4,31% das frações espiga e colmo, respectivamente.

Com relação aos componentes da parede celular (Tabela 5), não houve diferença significativa ($P > 0,05$) no teor de FDN, com valores entre 55,11 (50 cm) a 59,96% (15 cm), bem como, não se observa diferenças ($P > 0,05$) entre os valores de hemicelulose e lignina nas diversas alturas de corte avaliadas.

Já para os teores de FDA, a elevação da altura de corte mostrou redução desta fração nas maiores alturas de cortes avaliadas (50 e 35 cm). A elevação da altura de corte de 15 cm para 50 cm promoveu a redução de 11,8% no teor de FDA.

Para Cruz et al. (2005), o nível ideal de FDN na silagem de milho deve situar-se ao redor de 50%, tendo correlação negativa com o consumo de MS quando acima 55% (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991), sendo o componente bromatológico melhor relacionado com o potencial de ingestão pelo ruminante (MUHLBACH, 2003). Porém, Fontanelli et al. (2000) relatam valores médios de 60,7% de FDN na MS em 246 silagens de milho no Rio Grande do Sul, enquanto que o National Research Council (2001) apresenta teores médios de 45% em silagens de milho analisadas nos EUA. Para o autor, esta diferença está relacionada à perda de açúcar solúvel na forragem, motivada por utilização de técnicas inadequadas no processo de ensilagem. O fato é agravado pelo uso de híbridos tropicais com maior teor intrínseco de FDN e baixa presença de grãos em muitas silagens.

O teor de FDA é um indicador do valor energético da forragem e/ou silagem de milho. Valores próximos a 30% de FDA indicam boa qualidade alimentícia do material (VASCONCELOS et al., 2005). Com a elevação da altura de corte de 0,1 m para 0,8 m, os autores obtiveram redução nos teores de FDA em 14,85%, (25,87% para 22,00%), justificando estes valores pela redução da fração fibra das partes vegetativas e pelo aumento da proporção de grãos na matéria seca da planta ensilada. De acordo com estes autores, a elevação da altura de corte é uma alternativa para melhorar o valor nutritivo e a qualidade da silagem.

Na avaliação de seis híbridos de milho, Mello et al. (2005) obtiveram média de 28,32% e 7,34% de FDN e FDA, respectivamente, na fração espiga. No presente

trabalho, os valores médios de FDN (57,95%) e de FDA (30,47%), obtidos nas diferentes alturas de corte avaliadas, demonstram a ausência importante da fração espiga. Assim, sem a contribuição desta fração, a elevação da altura de corte não reproduziu os resultados esperados quanto à melhoria na qualidade da silagem, uma vez que há relação direta entre a participação da fração grãos e a qualidade da forragem.

Nussio, Campos e Dias (2001), ao analisarem diferentes cultivares de milho durante os anos de 1998 a 2001, demonstraram que a digestibilidade da planta e da haste não dependeram da proporção de grãos na planta, uma vez que o enchimento de grãos e a perda de digestibilidade da fração colmo+folhas determinaram mínima variação na digestibilidade da MS da planta inteira com o aumento no teor de MS.

A planta de milho, mesmo pobre em grãos, pode ter bom valor energético quando apresenta a fração colmo+folhas com alta digestibilidade (ZEOULA et al., 2003).

Tabela 6 - Produção de matéria seca (MS) e valor nutricional de silagem de milho colhida em diferentes alturas de corte

Altura Corte	MS	DIVMS ¹	NDT ²	EL ₁ ³	Produtividade de leite ⁴	
Cm	kg/ha	g/kg MS		mcg/kg MS	kg/t MS	kg/ha
50	10,27	67,08 a	68,23 a	1,27 a	1.101 a	10.740 b
35	10,63	64,16 b	65,61 b	1,23 a	1.041 a	11.114 ab
25	11,01	64,22 b	65,66 b	1,23 a	1.027 a	11.418 ab
15	11,49	64,15 b	65,50 b	1,21 a	1.024 a	11.887 a
Média		64,90	66,25	1,24	1.048	11.290
⁵ CV (%)		1,33	1,17	2,56	4,23	4,64

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

¹ DMS – Digestibilidade “in vitro” da matéria seca.

² NDT – Nutrientes digestíveis totais.

³ EL₁ - Energia líquida para lactação.

⁴ Calculado utilizando MILK 2006 (SHAVER; LAUER, 2006).

⁵ CV = Coeficiente de Variação.

A quantificação da produtividade da matéria seca da forragem não é, isoladamente, fator determinante para a validação do seu potencial na alimentação animal. Também, é fundamental a determinação da qualidade da mesma, pois há estreita relação entre este fator e o desempenho animal e conseqüentemente a redução no uso de concentrados (CRUZ et al., 2005).

Os teores médios de DIVMS, obtidos no presente trabalho (65%), estão de acordo com aqueles encontrados por Bernard et al. (2004) que variaram entre 66,5 e 68,80% nas alturas de corte de 10 e 30 cm.

Apesar da baixa proporção da fração espiga no material ensilado, a maior altura de corte utilizada (50 cm), possibilitou aumento (P<0,05) na digestibilidade do material

ensilado e no teor de NDT (Tabela 6). Para os valores de NDT, segundo o National Research Council (2001), a silagem de milho com MS entre 32 a 38% apresenta média de 68,8%. Jaremtchuk et al. (2005) e Velho et al. (2007), avaliando silagens de planta inteira de milho, registraram NDT variando de 63,26 a 68,87%. Já, Cappelle et al. (2001), revisando os teores de NDT de silagem de milho na literatura brasileira, verificaram valores mínimos de 55,47% e máximo de 63,87%.

Em relação à fração fibra, Oliveira (2013) não observou diferença significativa ($P>0,05$) para a digestibilidade da FDN, ao longo da elevação da altura de colheita de 15 para 55 cm, podendo este fato ser justificado pela ausência de relação entre fibra e lignina ao longo das partes da planta, embora exista uma aparente redução na concentração da lignina em silagens de milho colhidas mais alto (KUNG JR. et al., 2008).

Por não terem sido significativas ($P>0,05$), as variações nos teores de FDN, bem como da hemicelulose e da lignina, nas diferentes alturas avaliadas, estima-se que mesmo em baixa concentração no material ensilado, a fração grãos influenciou positivamente a digestibilidade da forragem colhida na maior altura de corte. Este comportamento também pode estar relacionado a uma possível maior concentração de CNE na fração colmo+folha, motivado pelo menor desenvolvimento de grãos pela planta e conseqüentemente menor proporção no material ensilado.

A menor participação da fração espiga também pode ter influenciado o teor de extrato etéreo (Tabela 5). Os valores de EE obtidos variaram de 1,84 a 2,33% não diferindo ($P>0,05$) entre as alturas de cortes. Estes resultados estão abaixo da faixa de 1,45 a 4,40% de EE registradas em avaliações de silagens de milho (JAREMTCHUK et al., 2005; MELLO et al., 2005; SENGER et al., 2005). Mesmo presente em concentrações inferiores aos demais componentes da maioria dos alimentos produzidos sob condições tropicais, o EE possui posição fundamental na determinação do teor energético em razão da sua elevada concentração calórica (DETMANN et al., 2006).

Produtividade estimada de leite com base nas diferentes alturas de corte avaliadas

As estimativas de produtividade obtidas nas diferentes alturas de corte avaliadas estão demonstradas na Tabela 6. A elevação da altura de corte de 15 para 50 cm aumentou significativamente ($P<0,05$) a DIVMS (4,4%), o NDT (4,0%), porém não influenciou a ELI.

Constata-se que, apesar da elevação da altura de corte ter sido eficiente na melhoria do valor energético dos tratamentos avaliados, esta prática não foi suficiente

para promover diferenças significativas ($P > 0,05$) na eficiência alimentar, obtendo-se produtividade média estimada de 1.048 kg de leite/t de silagem com base na MS.

A redução da produtividade da MS em 10,6% com a elevação da altura de corte de 15 para 50 cm e a não melhora da qualidade do alimento, determinou menor ($P < 0,05$) produtividade (kg leite/ha) na maior altura de corte avaliada (50 cm).

Oliveira (2013) observou efeito do tipo de híbrido sobre a produtividade de leite e a eficiência alimentar da silagem de milho. Ao elevar a altura de corte melhorou o valor nutritivo da silagem sem prejudicar a produtividade de leite por hectare. O autor concluiu que a elevação da altura de corte não substitui a escolha dos melhores híbridos para a silagem de alta qualidade. A produtividade média determinada por aquele autor foi de 17.522 kg de leite/ha, bem superior aos valores determinados neste trabalho. Jaremtchuk (2006), avaliando a produtividade de oito genótipos de milho em duas alturas de corte distintas, concluiu que a menor altura, 20 cm em relação ao nível do solo, deve ser recomendada por apresentar a maior produtividade animal por área, apesar de ocorrerem maior extração de K em relação ao corte realizado a 40 cm do solo. Trabalhando com duas alturas de cortes distintas, Nussio, Campos e Dias (2001) estimaram produtividades de 8.290 a 8.765 litros de leite/ha.

Em avaliações de diversos híbridos em diversas regiões do Brasil, Oliveira et al. (2003) e Mittelman, Sobrinho e Oliveira (2005) obtiveram, respectivamente, médias de 3.300 a 6.100 kg de leite/ha para a região Sul e 5.100 a 8.100 kg de leite/ha para a região Sudeste. Ambos os autores utilizaram-se da mesma metodologia (Milk 1995 Model). Estes autores concluem que os milhos disponíveis no mercado apresentam forte interação genótipo e ambiente.

Concentração de macro e micronutrientes na fração não colhida de milho em diferentes alturas de corte

Quanto aos dados da composição mineral apresentados na Tabela 7, o potássio (K) apresentou as maiores concentrações com médias de 20,14 e 5,51 g/kg de MS nas frações colmo e folha, respectivamente. Este comportamento, em razão das características deste nutriente, é relatado por diversos autores (Andrade et al., 1998c; Jaremtchuch et al., 2005; Coelho, 2006), ou seja, a planta de milho apresenta alta extração de K e baixo acúmulo nos grãos, apresentando, portanto, alto potencial de restituição ao solo de cultivo.

Tabela 7 – Concentração de macronutrientes na fração não colhida da planta de milho para silagem em diferentes alturas de corte

Nutriente	Altura de corte (cm)				Média	CV (%)	Equação de regressão	R ²
	15	25	35	50				
Fração colmo - g/kg de MS								
Cálcio	2,75 b	2,98 a	2,45 c	2,33 d	2,62	0,75	$y = -0,015x + 3,118$	0,63
Magnésio	2,82 b	2,88 a	1,88 d	1,99 c	2,39	0,38	$y = -0,029x + 3,304$	0,67
Fósforo	0,42 b	0,43 b	0,46 a	N.D.	0,44	1,40	$y = -0,0004x^2 + 0,022x + 0,174$	0,94
Potássio	21,98 a	19,87 b	18,58 c	N.D.	20,14	0,38	$y = -0,003x^2 - 0,0010x + 22,741$	0,99
Enxofre	4,11 a	3,41 c	3,21 d	3,55 b	3,56	0,73	$y = 0,002x^2 - 0,146x + 5,842$	0,99
Nitrogênio	6,40 a	5,65 b	5,49 c	4,07 d	5,40	0,18	$y = -0,0635x + 7,389$	0,95
Fração folha - g/kg de MS								
Cálcio	5,14 a	4,25 d	4,48 c	4,93 b	4,70	0,23	$y = 0,002x^2 - 0,154x + 6,865$	0,83
Magnésio	2,25 c	2,63 a	2,12 d	2,50 b	2,37	0,20	$y = 0,003x + 2,291$	0,03
Fósforo	0,59 b	0,65 a	0,66 a	0,60 b	0,62	1,31	$y = -0,0002x^2 + 0,0145x + 0,423$	0,95
Potássio	5,04 d	5,33 c	5,65 b	6,05 a	5,51	1,26	$y = 0,029x + 4,609$	0,96
Enxofre	11,50 a	7,78 c	8,17 b	4,95 d	8,10	1,04	$y = -0,167x - 13,343$	0,86
Nitrogênio	7,66 b	8,15 b	9,35 ab	11,03 a	9,04	10,01	$y = 0,072x + 6,550$	0,35

Letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

CV – Coeficiente de Variação. R² - Coeficiente de Determinação.

Equações de regressão estimadas para concentração de macronutriente a partir dos dados observados.

Houve efeito ($P<0,05$) da altura de corte sobre as concentrações dos macronutrientes na fração folha e colmo. Na fração colmo, com exceção do P, observa-se tendência de ocorrerem os maiores acúmulos de macronutrientes na base da planta, considerando terem ocorridos as maiores concentrações nas menores alturas de corte avaliadas (15 e 25 cm). O enxofre (S), apesar de também possuir a sua maior concentração proveniente da menor altura de corte (15 cm), apresentou comportamento distinto, pois a segunda maior concentração do nutriente foi verificada na maior altura de corte avaliada (50 cm), demonstrando a não ocorrência de um comportamento padrão de sua concentração nos diferentes estratos do colmo avaliados (15 a 50 cm).

Já na fração folha, ao contrário do colmo, as maiores alturas de corte (35 e 50 cm) apresentaram as maiores concentrações de N, P e K. Este comportamento, considerando a alta mobilidade destes nutrientes na planta, é influenciado pelo efeito de translocação de nutrientes desta fração para os grãos, sendo este mais pronunciado nas folhas mais baixas e senescentes.

Porém, este fato não foi observado para o S, o qual manteve a maior concentração na menor altura de corte, demonstrando o efeito de sua baixa mobilidade na planta. Para os demais macronutrientes (Ca e Mg), apesar de ocorrer diferença ($P<0,05$), entre as alturas avaliadas, as maiores concentrações ocorreram aleatoriamente, não reproduzindo efeito padrão.

Andrade et al. (1998c), estudando a reciclagem de nutrientes em sete cultivares de milho, encontraram efeito de híbrido ($P<0,05$) para a composição mineral da planta, mas não para a composição mineral da base do colmo (50 cm). Oliveira (2013) não observou, com exceção do mineral cálcio, efeito da altura de corte (15, 35 e 55 cm) sobre a concentração dos macronutrientes.

A análise química de folhas inferiores (abaixo da espiga) e superiores (acima da espiga) da planta de milho no estágio R5, período recomendado para a ensilagem, foi avaliada por Karlen, Flannery e Sadler (1988). As folhas superiores apresentaram maiores concentrações de N (18,4 g/kg MS), P (2,0 g/kg MS), Ca (8,6 g/kg MS). Já as folhas inferiores apresentaram maiores concentrações de K (20,9 g/kg MS) e Mg (2,2 g/kg MS), tendo o S comportamento praticamente indistinto (1,6 e 1,7 g/kg MS) nas folhas inferiores e superiores, respectivamente.

Tabela 8 – Concentração de micronutrientes na fração não colhida da planta de milho para silagem em diferentes alturas de corte

Nutriente	Altura de corte (cm)				Média	CV (%)	Equação de regressão	R ²
	15	25	35	50				
Fração colmo - g/kg de MS								
Ferro	483,22 d	313,23 b	283,99 c	146,83 d	306,81	0,33	$y = - 8,959x + 586,820$	0,64
Cobre	8,26 b	10,94 a	10,75 a	7,28 c	9,30	1,00	$y = - 0,011x^2 + 0,668x + 0,742$	0,72
Zinco	21,45 c	34,63 a	28,15 b	21,63 c	26,46	0,37	$y = - 0,033x^2 + 2,072x - 0,788$	0,77
Manganês	36,92 b	34,90 c	38,29 a	28,20 d	34,57	0,38	$y = - 0,014x^2 + 0,723x + 28,376$	0,50
Fração folha - g/kg de MS								
Ferro	5.873,68 a	3.483,74 c	4.949,81 b	1.981,22 d	4072,11	0,28	$y = - 91,979x + 6.946,460$	0,64
Cobre	18,49 a	10,55 c	12,75 b	10,00 d	12,94	0,40	$y = 0,010x^2 - 0,833x + 27,893$	0,72
Zinco	20,00 a	16,90 c	18,40 b	12,20 d	16,87	0,26	$y = - 0,199x + 23,093$	0,77
Manganês	262,62 b	259,47 c	369,30 a	243,87 d	283,81	0,21	$y = - 0,256x^2 + 16,907x + 48,228$	0,50

Letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

CV – Coeficiente de Variação. R² - Coeficiente de Determinação.

Equações de regressão estimadas para concentração de macronutriente a partir dos dados observados.

Quanto à concentração dos micronutrientes (Tabela 8), com exceção do Fe, as concentrações determinadas nas frações analisadas, colmo e folha, estão dentro das faixas verificadas na literatura, conforme demonstrado pelos teores acumulados na MS (Tabela 3). Este fato, provavelmente, foi influenciado pelos bons níveis de micronutrientes indicados pela análise e classificados com altos para o solo da área do experimento. Para Cantarella et al. (1996), a faixa de suficiência de micronutrientes determinada, via análise foliar na fase de pendramento da planta de milho, é de 6 a 20 mg (Cu); 15 a 100 mg (Zn); 20 a 200 mg (Mn) e 30 a 250 (Fe) mg/kg de folha. Duarte et al. (2003) determinaram teores de 6,0 mg (Cu), 430 mg (Fe), 49 mg (Mn) e 20 (Zn) mg/kg MS. As variações verificadas entre estes autores e os dados obtidos neste trabalho ocorrem em razão dos diferentes estádios e partes da planta avaliada.

Com relação ao teor de Fe na fração folha, o alto valor verificado neste trabalho, provavelmente, está relacionado a possíveis contaminações com partículas oriundas do solo e não eliminadas no processo de preparo das amostras para análise laboratorial. Em razão de suas características pedológicas, o solo na área experimental apresenta alto teor de óxidos de ferro em sua composição química.

Verifica-se (Tabela 8) que as alturas de cortes promoveram diferenças ($P < 0,05$) na concentração dos micronutrientes avaliados. Na fração colmo, com exceção do Zn, a altura de corte de 50 cm apresentou as menores concentrações dos micronutrientes avaliados. Diferentemente na fração folha, os micronutrientes demonstraram, com exceção do Mn, maior concentração proveniente da menor altura de corte (15 cm).

Na literatura, são escassos os dados referentes à influência da altura de corte da planta de milho nos níveis de micronutrientes da fração não colhida e que, desta forma, sejam passíveis de restituição ao sistema de produção.

Restituição de macro e micronutrientes ao solo proveniente de diferentes alturas de corte

Considerando as concentrações de macro e micronutrientes (Tabelas 7 e 8), bem como as quantidades de MS proveniente das frações deixados ao solo, determinaram-se as quantidades totais restituídas de macros (Tabela 9) e micronutrientes (Tabela 10) ao solo.

Tabela 9 - Quantidade de macronutrientes na fração não colhida da planta de milho para silagem em diferentes alturas de corte.

Altura corte (cm)	Resíduo (t MS/ha)	N	P	K	S	Ca	Mg
Fração colmo - kg/ha							
15	0,65	4,16 d	0,27 c	14,29 c	2,67 d	1,79 d	1,83 d
25	0,99	5,59 c	0,43 b	19,67 b	3,37 c	2,95 c	2,85 b
35	1,30	7,13 a	0,60 a	24,16 a	4,18 b	3,19 b	2,45 c
50	1,51	6,14 b	N.D.	N.D.	5,37 a	3,53 a	3,01 a
Média		5,75	0,43	19,37	3,89	2,86	2,53
CV (%)		0,12	0,85	0,44	0,78	0,71	0,35
Fração folha - kg/ha							
15	0,28	2,14 b	0,16 d	1,41 d	3,22 ab	1,44 d	0,63 d
25	0,42	3,42 b	0,27 c	2,23 c	3,27 a	1,78 c	1,10 c
35	0,49	4,58 ab	0,29 b	2,96 b	2,43 c	2,41 b	1,22 b
50	0,64	6,44 a	0,38 a	3,87 a	3,17 b	3,15 a	1,60 a
Média		4,14	0,27	2,61	3,02	2,19	1,10
CV (%)		23,78	1,82	1,68	1,09	0,21	0,19
Fração total (Colmo + Folha) - kg/ha							
15	0,93	6,30 c	0,44 c	15,70 c	5,89 c	3,23 d	2,46 d
25	1,41	9,02 b	0,70 b	21,91 b	6,64 b	4,73 c	3,96 b
35	1,79	11,72 a	0,90 a	26,92 a	6,61 b	5,60 b	3,68 c
50	2,15	12,59 a	N.D.	N.D.	8,54 a	6,68 a	4,61 a
Média		9,90	0,80	21,51	6,92	5,06	3,67
CV (%)		9,99	0,57	0,40	0,71	0,36	0,24

CV = Coeficiente de variação.

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Verifica-se que a elevação da altura de corte promoveu diferenças ($P < 0,05$) para todos os nutrientes avaliados (Tabela 9). A elevação da altura de corte de 15 para 50 cm possibilitou o incremento de 100%, na quantidade de N restituído ao solo (6,30 a 12,59 kg/ha); de 45% de S (5,89 a 8,54 kg/ha); de 106% de Ca (3,23 a 6,68 kg/ha) e de 87% de Mg (2,46 a 4,61 kg/ha).

Quanto ao K e P, verifica-se que o maior retorno teórico destes nutrientes nas condições de desenvolvimento da planta no presente trabalho, ocorre também na maior altura de corte avaliada, neste caso para estes nutrientes, 35 cm. Assim, a elevação da altura de corte de 15 para 35 cm promoveu o incremento de 104% de P restituído ao solo (0,44 a 0,90 kg/ha) e de 71% no teor de K (15,70 a 26,92 kg/ha).

O aprimoramento genético do milho, visando altas produtividades, possibilitou a obtenção de uma planta altamente eficiente na conversão dos nutrientes absorvidos em forragem e grãos. Porém, quando destinada ao processo de ensilagem, na qual toda a forragem é colhida, o milho é altamente exportador de nutrientes do solo (Coelho & França, 1995). Um dos objetivos de elevar-se a altura de corte da planta de milho, além da melhor qualidade da forragem ensilada, seria o de possibilitar o benefício de maiores restituições de nutrientes ao sistema de produção.

Considerando a produtividade de forragem obtida no presente trabalho de 12,42 t/ha de MS, o potencial de extração de macronutrientes pela planta inteira de milho com base nos índices determinados por Coelho & França (1995), foi de 132 kg de N; 108,0 kg de K; 39,0 kg de Ca; 29,0 kg de Mg e 16,0 kg de P/ha.

Assim, a restituição de nutrientes com base na maior altura de corte avaliada, 50 cm para N, S, Ca e Mg e 35 cm para P e K foi de 25% do K, 17% do Ca, 16% do Mg, 9,5% do N e 5,6% do P do total extraído de cada macronutriente avaliado.

Estes valores correspondem a uma restituição equivalente a 27,98 kg de ureia (45% de N), e 42,70 kg de sulfato de amônio (20% de S). Para P e K, na altura de corte de 35 cm, a restituição dos mesmos é o equivalente a 10,30 kg de superfosfato simples (20% de P_2O_5), 55,68 kg de cloreto de potássio (58% de K_2O).

Estes resultados são inferiores aos obtidos por Andrade et al. (1998c) que, estudando a extração de nutrientes em culturas de milho para silagem, determinaram um retorno potencial de 41,3; 13,0 e 19,5% de N, P e K, respectivamente, quando o corte foi realizado a 55 cm. Para este autor, o corte alto a 55 cm poderia retornar ao solo, através da fração de planta não colhida, o equivalente a 78 a 102 kg de cloreto de potássio.

No trabalho de Oliveira (2013), a elevação da altura de corte para 55 cm promoveu a restituição ao solo, proveniente da fração de planta de milho não colhida, do equivalente a 40 kg de ureia, 22,7 kg de superfosfato simples e 85,53 kg de cloreto de potássio. Para Jaremtchuk (2006), a elevação da altura de corte de 20 para 40 cm promoveu a redução de 19,15% do K exportado pela planta de milho no processo de ensilagem. Este valor significou o equivalente a 21,37 kg de cloreto de potássio que retornou ao sistema de produção através dos restos culturais.

Observa-se, assim, que os valores restituídos ao sistema, estimados por este trabalho, ficam abaixo dos relatados na literatura, o que pode ser justificado pelo menor desenvolvimento das plantas, influenciada pelas baixas precipitações pluviométricas nos estádios vegetativo e reprodutivo.

Tabela 10 - Restituição de micronutrientes ao solo proveniente da fração não colhida de milho em diferentes alturas de corte

Altura corte (cm)	(t MS/ha)	Fe	Cu	Zn	Mn
Fração colmo - kg/ha					
15	0,65	0,3141 b	0,0054 c	0,0139 d	0,0240 d
25	0,99	0,3101 c	0,0108 b	0,0343 b	0,0346 c
35	1,30	0,3692 a	0,0140 a	0,0366 a	0,0498 a
50	1,51	0,2217 d	0,0110 b	0,0327 c	0,0426 b
Média		0,3037	0,0103	0,0293	0,0377
CV (%)		0,41	0,80	0,36	0,39
Fração folha - kg/ha					
15	0,28	1,6446 a	0,0052 b	0,0056 d	0,0735 d
25	0,42	1,4632 b	0,0044 d	0,0071 b	0,1090 c
35	0,49	0,9708 d	0,0049 c	0,0060 c	0,1195 b
50	0,64	1,2680 c	0,0064 a	0,0078 a	0,1561 a
Média		1,3366	0,0052	0,0066	0,1145
CV (%)		0,17	0,32	0,20	0,39
Fração total (Colmo+Folha) - kg/ha					
15	0,93	1,9587 a	0,0105 d	0,0195 d	0,0975 d
25	1,41	1,7733 b	0,0153 c	0,0414 b	0,1435 c
35	1,79	1,3400 d	0,0189 a	0,0426 a	0,1693 b
50	2,15	1,4897 c	0,0174 b	0,0405 c	0,1987 a
Média		1,6404	0,0155	0,0360	0,1522
CV (%)		0,16	0,58	0,31	0,31

CV = Coeficiente de variação.

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Quanto aos micronutrientes, Pauleti (2004) demonstrou que para cada tonelada de MS produzida, as plantas de milho extraem do solo o equivalente a 0,235 kg de Fe, 0,01kg de Cu, 0,048 kg de Zn e 0,042 kg de Mn. Da mesma forma, considerando a produção total de 12,42 t de MS obtida no presente trabalho, a exportação total de micronutriente foi de 2,84 kg de Fe; 0,120 kg de Cu; 0,580 kg de Zn e 0,508 kg de Mn. Com base nos teores obtidos na restituição de micronutrientes ao solo com a elevação da altura de corte de 15 a 50 cm (Tabela 10), pode-se calcular que a restituição de micronutrientes ao solo pela fração não colhida da planta de milho foi de 13% do Cu, 6% do Zn e 30% do Mn, considerando os valores totais de cada micronutriente extraídos pela planta de milho inteira.

Avaliação do potencial de restituição de P e K na fração não colhida de milho cortado a 50 cm

Considerando o não sucesso na determinação das concentrações de K e P na altura de corte de 50 cm, conforme demonstrado na Tabela 7, a título de contribuição à discussão, procurou-se verificar as tendências do comportamento dos mesmos nesta

altura com base nos valores obtidos nas repetições das demais alturas de cortes avaliadas (15, 25 e 35 cm).

Assim, este procedimento gerou as equações de regressões resultantes, sendo, $y = 0,0001x^2 - 0,0039x + 0,4604$ para P (Figura 1) e $y = 0,0041x^2 - 0,3753x + 26,696$ para K (Figura 2). A utilização destas equações possibilitou, na sequência, a determinação dos valores de cada repetição para estes nutrientes e, posteriormente, os valores médios de concentração dos mesmos, sendo, 0,51 g e 18,18 g/kg MS para P e K, respectivamente, da fração colmo não colhida em altura de corte de 50 cm. Com base nestes valores e considerando a quantidade da fração colmo remanescente na área na mesma altura de corte (50 cm), quantificada em 1,51 t MS/ha, obtiveram-se os valores médios de 0,77 kg e 27,45 kg/ha, respectivamente para P e K.

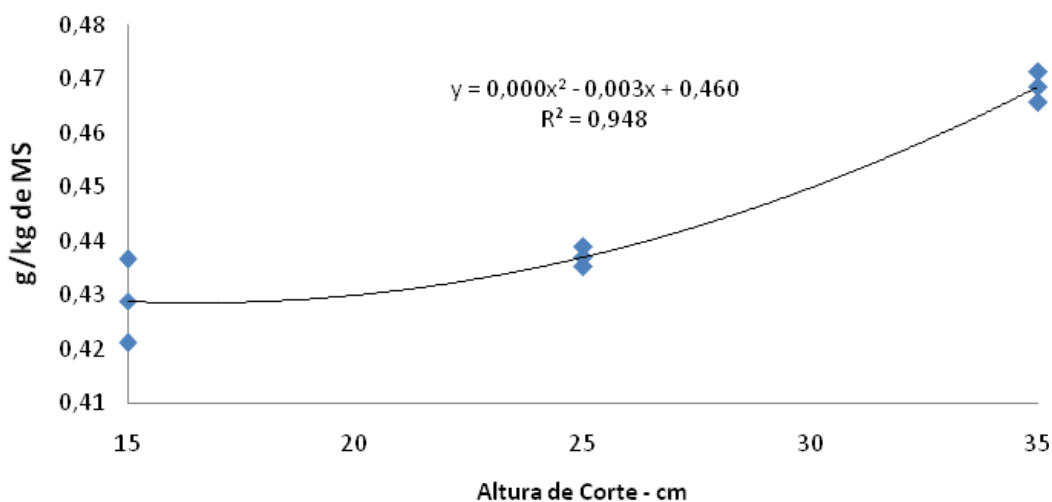


Figura 1 – Concentração de P na fração colmo não colhida de milho em diferentes alturas de corte

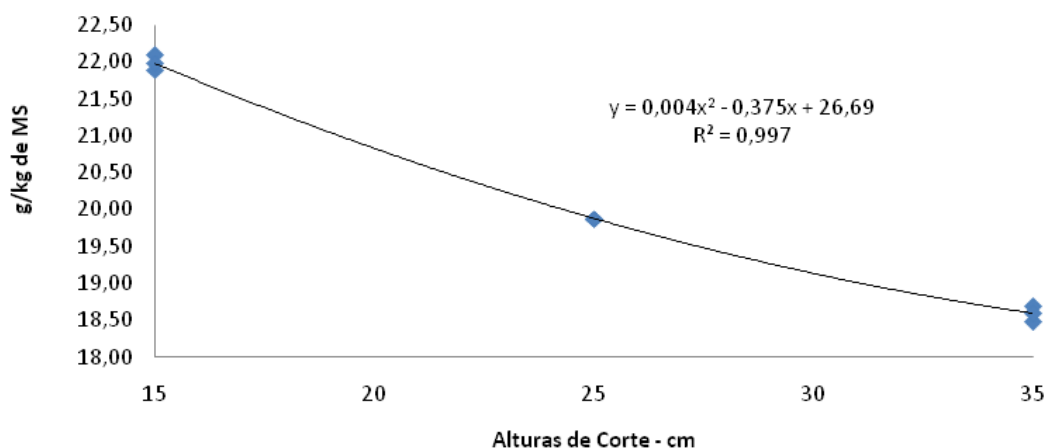


Figura 2 – Concentração de K na fração colmo na fração não colhida de milho em diferentes alturas de corte

Desta forma, com base nesta simulação, verifica-se que a elevação da altura de corte de 35 para 50 cm promoveria um incremento na restituição de P e K de 28 e 16%, respectivamente, resultado no aumento do equivalente a 2,85 e 9,11 kg de superfosfato simples e cloreto de potássio ao sistema de produção. Os valores finais restituídos, considerando a estimativa do corte a 50 cm, então seriam de 13,15 e 64,79 kg de superfosfato simples e cloreto de potássio. Porém, conforme já demonstrados, estes valores ainda seriam inferiores aos relatados por Andrade et al. (1998c), Jaremtchuk (2006) e Oliveira (2013).

Conclusões

A elevação da altura de corte reduziu a quantidade de forragem ensilável.

A maior altura de corte proporcionou melhora significativa no valor nutricional da silagem, considerando-se a DIVMS e os valores de NDT, PB, EE e FDA, porém estes não influenciaram significativamente a eficiência alimentar da forrageira, determinando redução na produtividade de leite com a elevação da altura de corte da planta.

A elevação da altura de corte promoveu, através da fração não colhida de milho, aumento significativo na restituição de macronutrientes ao sistema de produção.

Referências

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 646-736.

ANDRADE J. B.; HENRIQUE, W.; BRAUN, G.; ROSANA, E. Produção de silagem e reciclagem de nutrientes em sete cultivares de milho 1 – Composição bromatológica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998a. p. 218-220.

ANDRADE, J. B.; HENRIQUE, W.; BRAUN, G.; ROSANA, E. Produção de silagem e reciclagem de nutrientes em sete cultivares de milho 2 – Composição mineral. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998b. p. 278-280.

ANDDRADE J. B.; HENRIQUE, W.; BRAUN, G.; ROSANA, E. Produção de silagem e reciclagem de nutrientes em sete cultivares de milho 3 – Extração e reciclagem de nutrientes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998c. p. 281-283.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of the Association of Official Analytical Chemists*. 15. ed. Washington, 1990. 684 p.

BANYS, V. L.; VON TIESENHAUSEN, I. M. E. V.; FALCO, J. E.; OLIVEIRA, A. I. G.; SILVA, R. H. Consórcio milho-girassol: características agronômicas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 20, n. 1, p. 84-89, 1996.

BERNARD, J. K.; WEST, J. W.; TRAMMELL, D. S.; CROSS, G. H. Influence of corn variety and cutting height on nutritive value of silage fed to lactating dairy cows. *Journal Dairy Science*, Lancaster, v. 87, n. 7, p. 2172-2176, 2004.

BORGES, J. D.; BARROS, R. G.; SOUZA, E. R. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA, I. P.; CARNEIRO, M. F.; NAVES, R. V.; SONNENBERG, P. E. Teores de micronutrientes nas folhas de milho fertilizado com lodo de curtume. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 23, n. 2. p.1-6, 2007.

CAETANO, H. *Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem*. 2001. 178 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)– Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

CANTARELLA, H.; VAN RAIJ, B.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: VAN RAIJ, B.; CANTARELLA H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. G. (Eds.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p. 43-70. (Boletim 100).

CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; CECON, P. R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 1837-1856, 2001.

CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing silage quality. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R.; HARRISON, J. (Eds.). *Silage Science and Technology*. Madison: ASA, CSSA and SSA, 2003. p. 141-198.

COELHO, A. M.; FRANCA, G. E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, v. 71, n. 1, p. 1-9, set. 1995.

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

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Cultivares de Milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. (Eds.). *A cultura do milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. cap. 7, p.160-197.

CRUZ, J. C. Cultivares de Milho para silagens. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998, p. 93-114.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; CAMPOS, J. M. S.; PAULINO, M. F.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, P. A. Estimação da digestibilidade do extrato etéreo em ruminantes a partir dos teores dietéticos: desenvolvimento de um modelo para condições brasileiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 35, n. 4, p.1469-1478, 2006b.

DUARTE, A. P.; KIEHL, J. C.; CAMARGO, M. A. F.; RECO, P. C. 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.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. *Produção de milho*. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FARIA, V. P. Técnicas para produção de silagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 114-119.

FONTANELLI, R. S.; DURR, J. W.; BASSO, S. M. S.; APPELT, J. V.; HAUBER, F. A. Avaliação da qualidade de silagens de milho através da espectrometria de reflectância no infravermelho proximal (NIRS). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. p. 1-3.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v. 82, n. 8, p. 1791-1794, 1999.

HUTJENS, M. *Selecting corn silage varieties*. 2000. Disponível em: <<http://dairynet.outrreach.uiuc.edu/fulltest.cfm?section=1&documentID=408>>. Acesso em: 16 ago. 2013.

JANSSEN, H. P. *Adução nitrogenada para rendimento de milho silagem em sucessão ao azevém pastejado, pré-secado e cobertura em sistemas integrados de produção*. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

JAREMTCHUK, A. R. *Produção, composição bromatológica e extração de potássio pela planta de milho para silagem colhida em duas alturas de corte*. 2006. 30 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Estadual Paulista Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2006.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade de forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 36, p. 101-119, 2007. (Suplemento Especial).

JOHNSON, L.; HARRISON, J. H.; HUNT, C.; SHINNERS, K.; DOGGETT, C. G.; SAPIENZA, D. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: a contemporary review. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v. 82, n. 12, p. 2813-2825, 1999.

- KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. *Agronomy Journal*, Madison, v. 80, n. 2, p. 232-242, 1988.
- KEPLIN, L. A. S. Recomendação de sorgo e milho (silagem) safra 1992/93. *CCLPL*, Castro, ano 1, p. 16-19, 1992. (Encarte técnico da Revista Batavo, 8)
- KUNG JR, L.; MOULDER, B. M.; MULROONEY, C. M.; TELLER, R. S.; SCHMIDT, R. J. The effect of silage cutting height on the nutritive value of a normal corn silage hybrid compared with Brown Midrib corn silage fed to lactating cows. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v.91, n. 4, p. 1451-1457, 2008.
- LAUER, J. *Corn silage and quality trade-offs when changing cutting height*. 1998. Disponível em: <<http://corn.agronomy.wisc.edu/AA/A020.aspx>>. Acesso em: 23 abr. 2012.
- LUPATINI, G. C.; MACCARI, M.; ZANETTE, S.; PIACENTINI, E.; NEUMANN, M. Avaliação do desempenho agrônomico de híbridos de milho (*Zea mays* L.) para produção de silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 3, n. 2, p. 193-203, 2004.
- MAGGIO, M. A. *Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido "tropical"*. 2006. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)–Instituto Agrônomico de Campinas, Campinas, 2006.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. Piracicaba: Ceres, 1980. 215 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G.; DAVID, D. B. Características produtivas e qualitativas de híbridos de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Milho Sorgo*, Sete Lagoas, v. 4, n. 1, p. 79-94, 2005.
- MELO, W. M. C.; VON PINHO, R. G.; CARVALHO, M. L. M. Avaliação de cultivares de milho, para produção de silagem na região de Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, MG, v. 23, n. 1, p. 31-39, 1998.
- MITTELMANN, A.; SOBRINHO, F. S.; OLIVEIRA, J. S. Avaliação de Híbridos Comerciais de Milho para Utilização como Silagem na Região Sul do Brasil, 2005. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 684-690, 2005.
- MÜHLBACH, P. R. F. Produção de leite com vacas de alta produtividade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria, RS. *Anais...* Santa Maria, RS: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. p. 20.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington, D.C., 2001. 381 p.

NUSSIO, L. G. A cultura do milho e sorgo para a produção de silagem. In: FANCELLI, A. L. (Coord.). *Milho*. Piracicaba: FEALQ/USP, 1990. p. 58-88.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p. 127-145.

OLIVEIRA, F. C. L. Productive characteristics of maize hybrids at different cutting heights for silage and organic matter and mineral rates in post-harvest residues. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 35, n. 2, p.133-138, 2013.

OLIVEIRA, J. S.; SOBRINHO, F. S.; PEREIRA, R. C.; MIRANDA, J. M.; BANYS, V. L.; RUGGIERI, A. C.; PEREIRA, A. V.; LEDO, F. S.; BOTREL, M. A.; AUAD, M. V. Potencial de utilização de híbridos comerciais de milho para silagem, na região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 2, n. 1, p. 62-71, 2003.

OLIVEIRA, L. B.; PIRES, A. J. V.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O. Produtividade, composição química e características agrônômicas de diferentes forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 39, n. 12, p. 2604-2610, 2010.

PATTERSON, T. *Evaluation of the 1996 beef cattle NRC model predictions of intake and gain for calves fed low or medium energy density diets*. [S.l.:s.n.], 2000. p. 26-29. (Nebraska Beef Report MP 73-A).

PAULETTI, V. *Nutrientes: teores e interpretações*. 2. ed. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica e Agropecuária, 2004. 86 p.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 2, n. 1, p. 52-60, 2003.

PENATI, M. A. *Relação de alguns parâmetros agrônômicos e bromatológicos de híbridos de milho (Zea mays L.) com a produção, digestibilidade e teor de matéria seca da planta*. 1995. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)—Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, A. C. Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays* L.) e de três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o valor nutritivo de suas silagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, p. 31-38, 1993.

RENTERO, N. Qualidade total: nova referência das silagens. *Balde Branco*, São Paulo, v. 34, n. 403, p. 22-28, 1998.

- SANGOI, L.; ALMEIDA, L. A. de; LECH, V. A.; GRACIETTI, L. C.; RAMPAZZO, C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 271-276, 2001.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SAS Institute. *SAS/STAT User's Guide*. Version 8. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1999.
- SENGER, C. C. D.; MÜHLBACH, P. R. F.; SÁNCHEZ, L. M. B.; PERES NETTO, D.; LIMA, L. D. Composição química e digestibilidade “in vitro” de silagem de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1393-1399, 2005.
- SHAVER, R. D.; LAUER, J. G. Review of Wisconsin corn silage milk per ton models. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v. 89, p. 282, 2006. (Supply 1).
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 235 p.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*, [S.l.], v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.
- VALENTE, J. O. Introdução: milho para silagem, tecnologias, sistemas e custo de produção. In: EMBRAPA MILHO E SORGO. *Milho para silagem: tecnologias, sistemas e custo de produção*. Sete Lagoas, 1991. p. 5-7. (Circular Técnica, 14).
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- VASCONCELOS, R. C.; VON PINHO, R. G.; REZENDE A. V.; PEREIRA, M. N.; BRITO, A. H. Efeito da altura de corte das plantas na produtividade de matéria seca e em características bromatológicas da forragem de milho. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1139-1145, 2005.
- VILLELA, T. E. A. *Época de semeadura e de corte de plantas de milho para silagem*. 2001. 80 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- VON PINHO, G. R.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. D.; REZENDE, A. V. Influência da altura de corte das nas características agronômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 266-279, 2006.
- WIERSMA, D. W.; CARTER, P. R., ALBRECHT, K. A.; COORS, J. G. Kernel milkline state and corn forage yield, quality, and dry matter content. *Journal Produce Agricultural*, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 94 -99, 1993.