

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO -PR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PPGA
MESTRADO

**ALTURA DE COLHEITA DO MILHO PARA
SILAGEM: VALOR NUTRITIVO, BALANÇO DE
NUTRIENTES NO SOLO, PRODUÇÃO ANIMAL E
DESEMPENHO ECONÔMICO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

JULIO HÜLSE

GUARAPUAVA-PR

2014

JULIO HÜLSE

**ALTURA DE COLHEITA DO MILHO PARA SILAGEM: VALOR NUTRITIVO,
BALANÇO DE NUTRIENTES NO SOLO, PRODUÇÃO ANIMAL E DESEMPENHO
ECONÔMICO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Mestrado, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Mikael Neumann

Orientador

Prof. Dr. Itacir Eloi Sandini

Co-Orientador

GUARAPUAVA-PR

2014

Catálogo na Publicação
Biblioteca Central da Unicentro, Campus Cedeteg

H917a Hülse, Julio
Altura de colheita do milho para silagem: valor nutritivo, balanço de nutrientes no solo, produção animal e desempenho econômico / Julio Hülse. -- Guarapuava, 2014
xiii, 101 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2014

Orientador: Mikael Neumann

Co-orientador: Itacir Eloi Sandini

Banca examinadora: Marcelo Marques Lopes Müller, Sandra Galbeiro

Bibliografia

1. Agronomia. 2. Produção vegetal. 3. Extração de nutrientes. 4. Matéria seca. 5. Valor relativo da forragem. 6. Esterco ovino. 7. Produção de fitomassa seca. 8. Teor de macronutrientes. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

CDD 633.17

JULIO HÜLSE

**ALTURA DE COLHEITA DO MILHO PARA SILAGEM: VALOR NUTRITIVO,
BALANÇO DE NUTRIENTES NO SOLO, PRODUÇÃO ANIMAL E DESEMPENHO
ECONÔMICO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Mestrado, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 03 de julho de 2014.

Prof. Dr^a. Sandra Galbeiro
(Instituto Federal Farroupilha)

Prof. Dr. Marcelo Marques Lopes Müller
(UNICENTRO)

Prof. Dr. Mikael Neumann
(Orientador - UNICENTRO)

GUARAPUAVA-PR

2014

“Se me perguntares como estou, direi 110 %
e lhe desejarei SUCESSO”

Julio Hülse

AGRADECIMENTOS

A Deus, por acompanhar-me todo tempo e por todos os lugares, dando-me força espiritual para realização de todos os meus trabalhos.

Aos meus pais Leonardo Hülse (*in memorian*) e Atalita Miehe Hülse (*in memorian*), pelo amor, carinho e incansável incentivo aos estudos nos momentos alegres e nos difíceis. Vocês sempre foram o meu espelho de caráter, sabedoria e amor ao próximo. Carrego vocês sempre comigo no fundo do meu coração. Se sou hoje a pessoa que sou devo tudo a vocês.

As minhas queridas irmãs Juliane Hülse e Elizabeth Hülse que desde os meus primeiros passos estavam ao meu lado para brincar, estudar e brigar um pouquinho... Com todas estas experiências compartilhadas me tornei uma pessoa mais forte e alegre. *Ein Kuss...*

Em especial a minha querida esposa Helcya Mime Ishiy Hülse, pelo carinho, compreensão e incentivo a realização deste mestrado, pois por muitos momentos não pude me dedicar como gostaria a minha família. Ela foi por muitas vezes a força que me fez superar as dificuldades e nunca me deixar desistir. Sou muito feliz ao seu lado, *Ich liebe dich...*

Aos meus picoruchos Mayumi e Leozinho que me proporcionam muitas alegrias, que por muitas vezes ao chegar em casa cansado ou estressado, com um simples olhar e sorriso me fazem esquecer de todos os problemas e me fazem lembrar que é muito simples ser feliz.

Aos meus colegas de mestrado: Felipe, Fabiano, Carleto e Robson, pelos inúmeros momentos de ajuda no desenvolvimento dos trabalhos e pelas inúmeras risadas.

A professora Margarete Kimie Falbo e ao professor e co-orientador Itacir Eloi Sandini que me ajudaram e auxiliaram no desenvolvimento do meu experimento.

Em especial ao professor Mikael Neumann, que mesmo na correria do dia a dia dedicou parte do seu tempo para me orientar e para fortalecer minha vida profissional.

A família NUPRAN, por todos os momentos de trabalhos, estudos e diversões.

Aos colegas Airton e Adriano da Nutron pela realização das análises laboratoriais.

A Cooperativa Agrária Agroindustrial, principalmente aos meus colegas Rossetti e Jeferson, que me apoiaram e me incentivaram a realização deste mestrado.

A todos os professores do Mestrado em Agronomia da UNICENTRO pelo conhecimento transmitido e pela amizade.

Enfim, a todos meus amigos que de certa maneira tiveram participação na minha vida acadêmica o meu MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. OBJETIVOS	16
2.1. Geral.....	16
2.2. Específicos	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 Importância da silagem de milho na alimentação de ruminantes.....	17
3.2 Influência da altura de colheita na qualidade nutricional da silagem de milho	18
3.3 Influência da altura de colheita na dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à produção de milho para forragem	19
3.4 Influência da altura de colheita do milho destinado a produção de silagem no desempenho animal.....	22
3.5 Impactos do retorno ao solo dos dejetos gerados em confinamento	23
3.6 Custos de produção de silagem de milho	25
3.7. Referências Bibliográficas	25
4. CAPÍTULO 1 - ALTURA DE COLHEITA DO MILHO SOBRE A PRODUÇÃO E QUALIDADE NUTRICIONAL DA SILAGEM, BALANÇO DE NUTRIENTES NO SOLO E DESEMPENHO ECONÔMICO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO	30
RESUMO	30
ABSTRACT	31
4.1 Introdução.....	32
4.2 Material e Métodos.....	33
4.2.1 Local experimental e dados meteorológicos.....	33
4.2.2 Tratamentos	34
4.2.3 Implantação e condução da cultura.....	34
4.2.4 Avaliação da lavoura	35
4.2.5 Confecção dos silos experimentais	36
4.2.6 Avaliações laboratoriais.....	36
4.2.7 Análise econômica dos sistemas.....	37
4.2.8 Delineamento experimental e análise estatística	38
4.3 Resultados e Discussão	38
4.4 Conclusões	53

4.5 Referências Bibliográficas	53
5. CAPÍTULO 2 – BALANÇO DE NUTRIENTES NO SISTEMA E DESEMPENHO DE BORREGOS EM CONFINAMENTO ALIMENTADOS COM CONCENTRADO E SILAGENS DE MILHO COLHIDAS EM DUAS ALTURAS DE COLHEITA	58
RESUMO	58
ABSTRACT	59
5.1 Introdução.....	60
5.2 Material e Métodos.....	61
5.2.1 Local experimental e dados meteorológicos.....	61
5.2.2 Tratamentos	62
5.2.3 Implantação e condução da cultura.....	62
5.2.4 Avaliação da Lavoura	63
5.2.5 Processo de ensilagem	64
5.2.6 Instalações e condução experimental com animais	65
5.2.7 Análise e composição das dietas experimentais	65
5.2.8 Avaliações de desempenho animal, qualidade de carcaça, comportamento animal e digestibilidade aparente	66
5.2.9 Avaliações Laboratoriais	68
5.2.10 Análise econômica dos sistemas.....	69
5.2.11 Delineamentos experimentais e análises estatísticas	70
5.3 Resultados e Discussão	70
5.4 Conclusões	94
5.5 Referências Bibliográficas	95
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Médias em decêndio para precipitação pluvial e temperatura ocorrida no período de cultivo do milho safra 2011/2012, Guarapuava – PR. 34
- Figura 2:** Percentual de fitomassa ensilável e fitomassa remanescente das plantas de milho submetidas a diferentes alturas de colheita. 40

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Extração média de nutrientes, concentração na massa e extração por quilograma de massa produzida pela cultura do milho destinada à produção de grãos e forragem em diferentes níveis de produtividades.....21
- Tabela 2:** Produções de fitomassa ensilável fresca (FEF) e seca (FES), fitomassa remanescente fresca (FRF) e seca (FRS) da cultura do milho submetida a diferentes alturas de colheita para ensilagem.39
- Tabela 3:** Teores de matéria seca dos componentes estruturais, da fitomassa ensilável e da fitomassa remanescente da cultura do milho submetida a diferentes alturas de colheita para ensilagem.....40
- Tabela 4:** Percentagem das frações colmo, folhas, brácteas mais sabugo e grãos na fitomassa do milho para ensilagem em diferentes alturas de colheita.41
- Tabela 5:** Produção montante de proteína bruta (PB), nutrientes digestíveis totais (NDT) estrato etéreo em (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), fibra detergente ácido (FDA), celulose (CEL), lignina (LIG) e matéria mineral (MM) na fitomassa ensilável do milho submetida a diferentes alturas de colheita.42
- Tabela 6:** Exportação de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e do solo pela fitomassa ensilável do milho submetida a diferentes alturas de colheita.....43
- Tabela 7:** Produção média de proteína bruta (PB), estrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), lignina (LIG) e matéria mineral (MM) na fitomassa remanescente da cultura do milho submetida a diferentes alturas de colheita para ensilagem.....44
- Tabela 8:** Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) retidos na fitomassa remanescente da cultura do milho submetida a diferentes alturas de colheita.....45

Tabela 9: Valores médios de proteína bruta (PB), estrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e lignina (LIG) da silagem de milho colhida em diferentes alturas de colheita.....	46
Tabela 10: Valores médios de nutrientes digestíveis totais (NDT), consumo de matéria seca estimado (CMSE), valor relativo do alimento (VRA), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) e potássio (K) da silagem de milho colhida em diferentes alturas de colheita.....	48
Tabela 11: Balanço de nutrientes da produção após o cultivo do milho para silagem em diferentes alturas de colheita.	49
Tabela 12: Análise econômica do cultivo do milho para produção de silagem, contabilizando a remanescência de nutrientes ao solo via fitomassa remanescente além dos fornecidos pela adubação e estimativa de produção de leite por tonelada de MS e por hectare.	52
Tabela 13: Teores médios de nutrientes na dieta de borregos terminados em confinamento alimentados com silagens de milho colhidas a 20 cm e 80 cm de altura.....	66
Tabela 14: Altura de planta, altura de espiga, diâmetro de colmo, fitomassa ensilável e fitomassa remanescente da cultura do milho submetido a duas alturas de colheita.	71
Tabela 15: Produções de fitomassa fresca (PFV) e seca (PFS), fitomassa remanescente fresca (FRF) e seca (FRS), teores médios de fitomassa seca e percentagem dos componentes estruturais: colmo, folhas, brácteas mais sabugo e grãos da fitomassa do milho submetido a duas alturas de colheita.	72
Tabela 16: Valores médios de proteína bruta (PB), estrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e lignina (LIG) dos componentes da fitomassa do milho submetida a duas alturas de colheita.	74
Tabela 17: Valores dos macro nutrientes nitrogênio (N), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio	

(Mg) e potássio (K) das frações da fitomassa do milho submetida a duas alturas de colheita.....	76
Tabela 18: Montante de proteína bruta (PB), estrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), lignina (LIG) e matéria mineral (MM) na fitomassa ensilável e remanescente do milho submetido a duas alturas de colheita.	78
Tabela 19: Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) exportados pela fitomassa do milho e retidos na fitomassa remanescente em duas alturas de colheita.....	79
Tabela 20: Valores de proteína bruta (PB), estrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), lignina (LIG) nutrientes digestíveis totais (NDT), consumo de matéria seca estimado (CMSE) e valor relativo do alimento (VRA) da silagem de milho submetida a duas alturas de colheita.	80
Tabela 21: Produção de silagem de milho, consumo animal, número potencial de animais alimentados em confinamento conforme o tipo de dieta e produção de esterco. ...	83
Tabela 22: Consumo de matéria seca diário (CMSD), consumo expresso por 100 kg de peso vivo (CMSP), ganho de peso médio diário (GMD), conversão alimentar (CA) e digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), ganho médio de carcaça (GMC) conversão em carcaça (CC) e eficiência de transformação em carcaça (ETC) de borregos terminados em confinamento tratados com silagens colhidas a duas alturas.....	84
Tabela 23: Medidas quantitativas da carcaça de borregos terminados em confinamento tratados com silagens colhidas a duas alturas.	86
Tabela 24: Peso dos componentes do corpo não-integrantes da carcaça de borregos terminados em confinamento alimentados com silagens colhidas a duas alturas.	87

Tabela 25: Comportamento ingestivo e frequência de atividades comportamentais de borregos terminados em confinamento alimentados com silagens colhidas a duas alturas.....	88
Tabela 26: Teores de matéria seca e de nutrientes no esterco de ovinos em confinamento alimentados com silagens colhidas a duas alturas.	88
Tabela 27: Balanço de adições e perdas do sistema de produção após o cultivo do milho submetido a duas alturas de colheita.	89
Tabela 28: Análise econômica do cultivo do milho para produção de silagem, contabilizando a remanescência de nutrientes ao solo via colmos e reposição via esterco.	93

1. INTRODUÇÃO GERAL

Nos sistemas pecuários de produção intensiva, a cultura do milho representa uma fonte de alimento fundamental aos animais. De acordo com Velho (2005), dentre os alimentos volumosos utilizados no sistema de produção animal, a silagem de milho tem sido o de maior expressão, devido ao seu alto teor de energia e grande capacidade de produção por unidade de área, além de apresentar versatilidade, podendo ser utilizada como alimento concentrado quando fornecido na forma de grãos, ou misto quando colhida como forragem.

No Brasil, o milho ocupa lugar de destaque entre as culturas, na safra 2012/2013 o cultivo ocupou 15,9 milhões de hectares do território nacional, com volume de produção estimado de grãos de 81,4 milhões de toneladas (CONAB, 2013). Pereira (2013), com base em dados apresentados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), indica que a área de lavoura destinada à produção de silagem é de cerca de 2,25 milhões de hectares, algo em torno de 14% da área total cultivada de milho no país.

A escolha do híbrido, estágio de maturação na colheita, aspectos agrônômicos como tipo de solo e clima, e também tamanho de partícula e altura de colheita são fatores que podem afetar a produção e o valor nutritivo da silagem (NEUMANN et al., 2007). Para Silva et al. (1999), as percentagens de colmos e de grãos de milho são as características agrônômicas mais importantes e consistentemente correlacionadas com medidas de qualidade da silagem, como digestibilidade da matéria seca e fibra em detergente ácido, assim como o ganho de peso médio e consumo diário de matéria seca apresentados por animais submetidos a esse alimento.

A elevação da altura de colheita das plantas proporciona a colheita somente da porção mais superior da planta de milho, resultando em silagem com maior participação de grãos na fitomassa seca. Segundo Nussio et al. (2001a), a parte superior da planta de milho constitui uma silagem de maior concentração energética, indicada para uso em sistemas com animais de alta produção, em virtude de ser um alimento de alto valor nutricional e de maior custo de produção, devido ao menor rendimento de fitomassa seca, entre 75 e 80%, em relação à silagem colhida mais rasteiramente. Conforme Restle et al. (2002b), a elevação da altura de colheita contribuiu também com menor participação de colmos e folhas senescentes, resultando, em melhoria da qualidade da silagem produzida, devido aos decréscimos significativos nos teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido da silagem.

Contudo, pensando na maximização de utilização dos recursos, a colheita de uma área para silagem possibilita a obtenção de cerca de 40% a 50% a mais de energia total do que a colheita de grãos, e por isso, o milho para silagem requer cuidados especiais quanto ao manejo de solo. A colheita da forragem promove maior remoção de nutrientes, podendo causar desbalanço nutricional e empobrecimento do solo (FRANÇA e COELHO, 2001).

A colheita de forragem com corte mais elevado das plantas de milho permite que uma maior quantidade de fitomassa seca permaneça na área e, desta forma, promova uma maior reciclagem de nutrientes no solo. Segundo Konzen e Alvarenga (2009), o aproveitamento integral e racional dos recursos disponíveis na propriedade rural aumenta a estabilidade dos sistemas de produção, bem como maximiza a eficiência dos sistemas, reduzindo custos e melhorando a produtividade. A associação dos diversos componentes em sistemas integrados, que preservem o meio ambiente, leva a uma degradação menos acelerada do solo e promove uma economia de recursos nas adubações seguintes.

No entanto, dados de literatura alertam para estimativas econômicas de retorno inferiores, devido à menor produção de fitomassa seca por hectare nas plantas colhidas na altura de colheita alta. Paziani et al. (2009) observa que antes mesmo de se preocupar com os parâmetros de qualidade da silagem, a produção de fitomassa fresca (FF) e fitomassa seca (FS) são os primeiros quesitos a serem considerados por contribuir para a diluição dos custos de implantação da cultura.

De maneira geral a elevação na altura de colheita da planta de milho visa incrementar o valor nutricional da silagem pelo aumento de frações mais digestíveis. Esta elevação da altura também serve para aumentar a reciclagem de matéria orgânica do solo, retornando grandes quantidades de potássio, pois a maior concentração desse elemento se encontra nos internódios inferiores da planta (NUSSIO et al., 2001a).

Além dos nutrientes repostos via fitomassa remanescente, os dejetos gerados pelos animais em confinamento possuem um grande potencial de aproveitamento, podendo trazer benefícios aos produtores rurais, seja através da adubação de suas pastagens e lavouras ou produção de bioenergia, e para o meio ambiente, visto que o correto aproveitamento pode contribuir para a redução da contaminação ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar o efeito das diferentes alturas de colheita de milho para ensilagem, sobre o sistema solo-planta-animal.

2.2. Específicos

- Mensurar a produtividade de fitomassa ensilável e remanescente da cultura de milho colhida em diferentes alturas, bem como a composição morfológica da forragem (folhas, colmo, brácteas mais sabugos e grãos) e valor nutricional das silagens.

- Avaliar a exportação de macronutrientes do solo pela remoção da fitomassa da cultura de milho para produção de silagem em diferentes alturas de colheita.

- Mensurar o potencial de ciclagem dos macronutrientes no solo pela fitomassa remanescente e pelo esterco dos ovinos conforme a altura de colheita da forragem de milho.

- Avaliar o desempenho, digestibilidade aparente da matéria seca e comportamento ingestivo de cordeiros em fase de terminação em confinamento alimentados com dietas balanceadas contendo silagem de milho colhida a 20 e a 80 cm do solo.

- Mensurar os custos de produção da silagem nas diferentes alturas de colheita, levando em consideração a remanescência dos colmos e a reposição do esterco gerado pelos animais em confinamento à área de cultivo do milho.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Importância da silagem de milho na alimentação de ruminantes

A maior profissionalização da atividade pecuária observada atualmente nos sistemas de produção do Brasil, tanto de ovinos como de bovinos de colheita e leite, tem instigado cada vez mais a manutenção do aporte alimentar dos animais ao decorrer do ano por técnicas de forrageamento. São mais que conhecidos os riscos que correm de não manter escala de produção os pecuaristas que baseiam a alimentação dos animais somente a pasto, devido à sazonalidade climática e estacionalidade das pastagens.

Com a crescente melhora no padrão genético dos animais e com a intensificação da produção pecuária, aumenta-se também a exigência na qualidade dos alimentos ofertados aos animais e com isso a silagem de milho torna-se um ingrediente fundamental nos quesitos nutricionais e econômicos, principalmente devido à tradição no cultivo, pela elevada produtividade e pelo bom valor nutritivo. Além disso, a ênfase no uso de híbridos mais produtivos e adaptados às condições locais é responsável pelos ganhos em produtividade de massa dessa cultura.

Segundo Neumann et al. (2011), em sistemas intensificados de produção pecuária, se faz necessário o maior aporte de energia na dieta dos animais. A silagem de planta inteira de milho torna-se um excelente representante de alimento energético misto (volumoso e concentrado). Sendo considerada imprescindível em operações que visam obter alta produtividade. Possibilitando também a redução de custos com alimentos concentrados, devido ao alto percentual de grãos na massa, porém sem comprometer o desempenho animal.

A silagem de milho é sem dúvida um excelente alimento para os ruminantes, porém Neumann et al. (2011) alerta que é necessário muito cuidado na produção da mesma, pois além de representar uma atividade que exige recursos financeiros e técnicos significativos para sua implementação, tem efeito importante no desempenho dos animais. Logo, a associação entre técnicas agronômicas que visem incrementos de produtividade da cultura (entre elas: manejo e conservação do solo, adubação e calagem, escolha de cultivares e ou híbridos adaptados à condição do meio, critérios no estabelecimento da lavoura, controle de plantas daninhas, pragas e doenças), técnicas de manejo de colheita (entre elas: ponto de colheita, tamanho das partículas e altura de colheita) e processo de ensilagem (localização e

tipo de silo, transporte e compactação da massa colhida, uso de aditivos, tempo de enchimento e vedação do silo), tornam-se de fundamental importância para obtenção de um volumoso de alto valor nutritivo, de relativo baixo custo de produção, de reduzidas perdas e de excelente aceitação pelos animais.

Segundo Neumann et al. (2011), um híbrido com boas características para produção de silagem deve apresentar menos de 5 folhas secas por planta, altura de planta entre 1,9 m e 2,6 m e espiga de 0,8 m a 1,2 m, produção de matéria fresca (MF) acima de 55.000 kg ha⁻¹, matéria seca (MS) acima de 18.000 kg ha⁻¹ e mais que 7.000 kg ha⁻¹ de grãos. A taxa de secagem diária da planta não deve exceder 0,5% dia⁻¹, proporcionando estabilidade nutricional, ou janela de colheita, acima de 10 dias. Ainda, devem apresentar menos de 25% de colmo, acima de 15% de folhas, menos de 20% de brácteas e sabugo e mais de 40% de grãos na ensilagem.

Dentre as qualidades em uma forrageira, têm-se buscado espécies que possuam baixos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e com taxa de digestão mais elevadas, condizentes com o desempenho de animais de alta produção. Segundo Velho, (2005), as silagens de milho com teores de FDN entre 37 e 45% na MS proporcionam maior ingestão de alimento e conseqüentemente melhores desempenhos, tanto para vacas de leite como para novilhos de colheita.

3.2 Influência da altura de colheita na qualidade nutricional da silagem de milho

Entre as alternativas para auxiliar na viabilização dos sistemas mais intensivos encontra-se o uso de forragens conservadas (silagem ou feno), que permitem maior estabilidade de produção e diminuem os riscos de não haver volumoso de qualidade e quantidade suficiente nas estações desfavoráveis de crescimento das pastagens. Devido a estes fatores, a cultura do milho tem sido a forrageira de maior utilização no processo de produção de silagem.

De acordo com Restle et al. (2002a), a elevação da altura de colheita do milho de 20 para 42 cm também demonstrou, por intermédio da análise da qualidade da fração fibrosa dos componentes da fitomassa remanescente, que a porção basal do colmo concentrou maiores teores de FDN (67,08% contra 65,57%) frente à porção mediana + apical ensilada, sendo de 62,17% na colheita de 20 cm de altura e 60,84% na colheita de 42 cm.

Neumann et al. (2007) avaliaram o efeito de duas alturas de colheita das plantas de milho para ensilagem (baixa: 15 cm ou alta: 39 cm do solo) e a maior altura de colheita promoveu maior participação dos componentes folhas (28,4% contra 28,9%) e espigas (39,6% contra 43,7%) e menor participação de colmo (27,8% contra 32,0%).

Caetano et al. (2012), em avaliação de colheita das plantas a 5 cm acima do nível do solo e a 5 cm abaixo da inserção da primeira espiga, concluíram que a elevação da altura de colheita melhorou a qualidade da forragem, em decorrência da redução da participação das frações colmo e folhas, havendo como consequência a redução dos componentes da parede celular e aumento nas proporções de grãos, o que determinou o aumento nos valores de digestibilidade da matéria seca (MS) e dos nutrientes digestíveis totais (NDT).

Pedó et al. (2009), trabalhando com alturas de colheita de milho safrinha de 20 cm, 45 cm, 70 cm e 95 cm, observaram alterações na matéria seca, distribuição de carboidratos, com incremento de carboidratos não-fibrosos e redução do teor de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina. Os teores de MS variaram aproximadamente 20% entre a altura mais baixa (20 cm) e a mais alta (95 cm). Com o incremento da altura de colheita de 20 cm para 95 cm a fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) tiveram uma redução de 12,8% e 42,1%, respectivamente, e foi possível uma redução de 38,5% no teor de lignina.

3.3 Influência da altura de colheita na dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à produção de milho para forragem

Quando o milho é cultivado com a finalidade de produzir silagem, deve-se realizar o manejo de adubação e posterior condução da área de forma diferenciada às recomendações para a produção somente de grãos, pois além dos grãos, a parte vegetativa é colhida e removida do campo antes que a cultura complete o seu ciclo, fazendo com que a maior parte dos nutrientes que foram extraídos do solo durante o ciclo de vida da cultura seja exportada da área de cultivo, podendo causar desbalanço de nutrientes e empobrecimento rápido do solo, tendo como consequência a queda de produtividade e baixa qualidade da silagem em cultivos posteriores (COELHO, 2006).

Dados médios de experimentos conduzidos por Coelho e França (1995), com uma produção de 18.650 kg ha⁻¹ de MS de silagem, demonstram uma extração média de 231 kg ha⁻¹

¹ de N, 26 kg ha⁻¹ de P, 259 kg ha⁻¹ de K, 58 kg ha⁻¹ de Ca e 32 kg ha⁻¹ de Mg. Os autores observaram que as extrações de N, P, K, Ca e Mg aumentaram linearmente com o aumento na produção, e que a maior exigência do milho refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo.

No milho, os nutrientes têm diferentes taxas de translocação entre os tecidos (colmos, folhas e grãos), o que se reflete na exportação dos nutrientes. Quando a finalidade é produzir grãos (total de nutrientes extraídos pela planta/total de nutrientes nos grãos), o P é quase todo translocado para os grãos (77% a 86 %), seguindo-se proporcionalmente o N (70% a 77 %), o enxofre (S) 60%, o Mg (47% a 69 %), o K (26% a 43 %) e o Ca (3% a 7 %). Com base nessas taxas de exportação de nutrientes pelos grãos, nota-se que apesar do componente grão possuir grande concentração da maioria dos elementos retirados do solo, ainda sim, a incorporação dos restos culturais devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente K e Ca, contidos na fitomassa remanescente (COELHO, 2006).

Von Pinho et al. (2009) avaliaram dois cultivares de milho, sendo que a GNZ2004 com potencial forrageiro apresentou produtividade de 13.500 kg ha⁻¹ de grãos e 32.900 kg ha⁻¹ de MS, e a cultivar P 30F33 de potencial granífero teve produtividade de 14.700 kg ha⁻¹ e 29.700 kg ha⁻¹ de MS. O acúmulo total de macro nutrientes pelas cultivares, respectivamente, seguiu a seguinte ordem decrescente de valores (expressos em kg ha⁻¹): N: 401 e 327; K: 312 e 316; P: 92 e 76; Ca: 61 e 60; Mg: 47 e 37; e S: 30 e 24.

Coelho (2006) na Tabela 1 demonstra as relações de extração de nutrientes de lavouras destinadas à produção de silagem ou colheita de grãos, e devido à grande variação entre os níveis de exportação, a apresentação de valores em concentração de nutrientes na forragem (% na MS da forragem) e extração para cada quilograma (kg) de MS produzida contribuem para melhor compreensão dos resultados. Os nutrientes de maior impacto na exportação foram o N e o K, para as produções de forragem a exportação observada foi de até 231 e de 259 kg ha⁻¹, respectivamente, fator que pode levar ao desgaste precoce do solo quanto a esse nutriente.

Martin et al. (2011) reforçam que problemas de fertilidade do solo podem se manifestar mais cedo na produção de silagem do que na produção de grãos, principalmente se for obtida por vários anos consecutivos de uma mesma área e sem o devido manejo do solo e adubação. Neumann et al. (2007) verificaram que a colheita em altura mais elevada aumentou a adição de resíduos para a reciclagem de matéria orgânica no solo, com retorno de parte dos

nutrientes concentrados nos internódios inferiores da planta, que normalmente são extraídos em decorrência da colheita rente ao solo. Segundo Nussio et al. (2001b), tais contribuições devem ser consideradas em um programa de exploração racional das glebas, visando alta produtividade, e merecem avaliação econômica mais criteriosa para justificar a recomendação.

Tabela 1: Extração média de nutrientes, concentração na massa e extração por quilograma de massa produzida pela cultura do milho destinada à produção de grãos e forragem em diferentes níveis de produtividades.

Tipo de exportação	Produção (kg ha ⁻¹)	Nutrientes extraídos ¹ (kg ha ⁻¹)					Concentração (% na massa)					Extração por tonelada de massa produzida (kg t ⁻¹)				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Grãos	5.800	100	19	95	17	17	1,72	0,33	1,64	0,29	0,29	17,24	3,28	16,38	2,93	2,93
	7.870	167	33	113	27	25	2,12	0,42	1,44	0,34	0,32	21,22	4,19	14,36	3,43	3,18
	9.170	187	34	143	30	28	2,04	0,37	1,56	0,33	0,31	20,39	3,71	15,59	3,27	3,05
	10.150	217	42	157	32	33	2,14	0,41	1,55	0,32	0,33	21,38	4,14	15,47	3,15	3,25
Forragem (MS)	11.600	115	15	69	35	26	0,99	0,13	0,59	0,30	0,22	9,91	1,29	5,95	3,02	2,24
	15.310	181	21	213	41	28	1,18	0,14	1,39	0,27	0,18	11,82	1,37	13,91	2,68	1,83
	17.130	230	23	271	52	31	1,34	0,13	1,58	0,30	0,18	13,43	1,34	15,82	3,04	1,81
	18.650	231	26	259	58	32	1,24	0,14	1,39	0,31	0,17	12,39	1,39	13,89	3,11	1,72

FONTE: Modificado de Coelho e França (1995) citado por Coelho (2006).

¹Para converter P em P₂O₅; K em K₂O; Ca em CaO e Mg em MgO, multiplicar por 2,29; 1,20; 1,39 e 1,66, respectivamente.

Cerca de duas décadas atrás, Nussio (1993) relatou que apenas uma pequena fração dos produtores fazia uso da prática de ensilagem de milho de forma satisfatória, onde a maioria dos cultivos se dava de modo quase que extrativista, com o uso de fertilizantes e corretivos em quantidades muito aquém do recomendado, ou até mesmo apenas com a fertilidade natural do solo. Ainda, ressaltava a necessidade de estabelecer uma filosofia de cultivo que preconize a alta produtividade com base na reposição de nutrientes ao solo, sendo necessário estabelecer conceitos relativos à adubação dessas plantas para a ensilagem, diferente daquelas desenvolvidas para a produção de grãos, onde ocorre a reciclagem de nutrientes no sistema através dos restos culturais.

No contexto atual, poucas mudanças ocorreram na mentalidade e atitude dos produtores e técnicos envolvidos na atividade. O manejo nutricional dos rebanhos vem evoluindo, porém pouca importância tem se dado a sustentabilidade e manutenção da fertilidade dos solos. Embora a comissão de química e fertilidade do solo (CQFS RS/SC, 2004) recomende adubações específicas para o milho e sorgo destinados à produção de

silagem, sendo as quantidades de fertilizante superiores em relação à colheita de grãos, poucos produtores adotam essas recomendações.

As necessidades nutricionais de qualquer planta são determinadas pela quantidade de nutrientes que esta extrai durante o seu ciclo. Esta extração total dependerá, portanto, do rendimento obtido pela colheita da fitomassa total e da reposição da fitomassa remanescente, que dependerá da altura de colheita. Assim, de acordo com a altura de colheita da silagem será necessário realizar uma adubação diferenciada levando em conta a fertilidade do solo.

3.4 Influência da altura de colheita do milho destinado a produção de silagem no desempenho animal

De acordo com Velho (2005) o milho como planta forrageira permite alcançar maior desempenho no ruminante, pelo fato do teor de FDN ser menor que outras forrageiras, assim favorecendo maior consumo de MS pelo animal. O grande problema do ruminante de alta produtividade é aumentar sua ingestão de alimento, para vir ao encontro das suas necessidades nutricionais, sem prejuízo aos processos fisiológicos no rúmen, ou seja, mantendo a atividade de ruminação, com um consumo adequado do alimento volumoso.

Pelo fato da elevação da altura de colheita reduzir o teor de FDN das silagens, vários autores como Oba e Allen (2000), Andrade et al. (2001), Qiu et al. (2003) e Fernandez et al. (2004) observaram maior ingestão de alimento e, conseqüentemente, melhores desempenhos em produção de leite e ganho de peso de bovinos de leite e de colheita.

Pesquisas realizadas por Lauer (1998) mostraram que a produção de MS de silagem de milho é reduzida cerca de 15% quando a altura de colheita é elevada de 15 para 45 cm a partir do nível do solo. Em contrapartida, a produção estimada de leite por tonelada de silagem aumentou aproximadamente 12%, fato ocorrido devido à fração mais fibrosa do material não ter sido colhida. No entanto, houve redução de 3% na produção de leite por área, devido à menor produção de fitomassa por área.

Wu e Roth (2005), revisando 11 estudos sobre manejo da altura de colheita (de 15 cm para 45 cm), encontraram aumento nos teores de MS, proteína bruta (PB) e amido e redução nos teores de FDN e FDA, com melhoria de 4,7% e 5% na digestibilidade da MS e FDN, respectivamente e observaram aumento de leite produzido por tonelada de silagem. Kung Junior et al. (2008) também encontraram aumento na concentração de PB, amido e energia, porém a elevação da altura de colheita (de 15 cm para 50 cm) não alterou a digestibilidade da

FDN.

Oliveira et al. (2011) verificaram efeito da altura de colheita sobre a eficiência alimentar, sendo maior quando a colheita foi realizada a 55 cm de altura. Na média de híbridos e alturas de colheita, a produtividade foi estimada em 1.303 kg leite/t silagem, com base na MS. Com isso, a produtividade de leite em kg/ha (17.956, 16.819, 17.791) foi semelhante nas três alturas de colheita (15, 35 e 55 cm, respectivamente). No estudo de Neylon e Kung Junior (2003), a elevação na altura de colheita de 12,7 cm para 45,7 cm aumentou a produtividade de leite por tonelada de silagem (1.625 kg/t vs 1.723 kg/t), porém a produtividade de leite por hectare não foi afetada ($P < 0,05$) pela maior altura de colheita.

Em experimento com vacas alimentadas com dietas contendo silagem de milho colhida a 10 cm ou a 30 cm de altura, Bernard et al. (2004) não observaram diferenças para os parâmetros de consumo de MS, produção de leite, e composição do leite.

Segundo Neumann et al. (2007), os valores médios de ingestão de matéria seca (IMS) por animal (kg/dia) e por 100 kg de peso vivo (% PV), ganho de peso médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA) dos novilhos não foram afetados utilizando dietas com silagem de milho colhidas a 15 ou a 39 cm de altura.

Restle et al. (2002a), observaram que os animais que tiveram incluída à dieta alimentar silagem de colheita alto (42 cm), apresentaram maior GMD (1,352 kg contra 1,198 kg) e melhor CA (4,82 contra 5,39 kg de MS/kg de ganho de peso) frente à silagem de colheita baixo (20 cm). Os pesos de abate, de carcaça fria, o rendimento de carcaça fria e a espessura de gordura das carcaças foram similares, sendo, respectivamente, 371,8 kg; 195,3 kg; 52,46%; e 5,7 mm para o corte alto e 368,2 kg; 195,7 kg; 53,08%; e 3,7 mm para o corte baixo.

3.5 Impactos do retorno ao solo dos dejetos gerados em confinamento

Um dos principais modelos de intensificação na produção de bovinos e ovinos é a adoção de confinamentos, nos quais os animais ficam alojados por certo período. Porém, devido à alta concentração animal neste tipo de produção, há uma alta concentração de dejetos gerados por eles, e que muitas vezes, não recebem o adequado destino ou tratamento. A reposição correta dos dejetos gerados pelos animais ao solo gera um menor prejuízo ao meio ambiente e um retorno financeiro ao produtor rural pela redução de custos de produção.

De acordo com a CQFS RS/SC (2004), além do fornecimento de nutrientes, a utilização de adubos orgânicos pode melhorar as propriedades físicas do solo (porosidade, capacidade de retenção de água) e aumentar alguns atributos químicos (CTC, teor de P e de matéria orgânica, etc). Porém o uso excessivo de adubos orgânicos proporcionará os mesmos problemas que os decorrentes do uso excessivo de fertilizantes minerais, principalmente aqueles devidos à lixiviação de nitrato e o transporte de P para cursos d'água.

Definem-se como dejetos o conjunto de fezes, urina, água desperdiçada dos bebedouros, água de higienização e resíduos de ração. Também é importante salientar que boa parte do volume de dejetos gerados na propriedade é oriunda de alimentos advindos de fora da propriedade, principalmente os concentrados, assim muitas vezes a reposição do esterco somente na própria propriedade pode causar excesso de alguns nutrientes no solo.

Segundo a recomendação de adubação orgânica e mineral da CQFS RS/SC (2004), os adubos orgânicos devem, sempre que possível, ser analisados previamente, tanto a concentração de macro e micronutrientes como o teor de água podem variar muito, conforme a origem do material, a espécie animal, a alimentação utilizada, a proporção entre os dejetos (fezes + urina), o material utilizado para cama e o manejo desses materiais orgânicos. De acordo com Siqueira Junior (2005), o solo pode receber grande parcela dos nutrientes contidos nas fezes e urinas dos animais, e a quantidade e qualidade destes nutrientes varia em função da quantidade e qualidade da dieta consumida pelo animal, bem como de sua necessidade energética.

Para manter o equilíbrio de nutrientes no solo e obter altos rendimentos das culturas com a utilização racional de adubos orgânicos, geralmente é necessário complementar a adubação orgânica com fertilizantes minerais, pois a proporção dos nutrientes nos resíduos orgânicos muitas vezes é diferente da demanda das plantas ou da necessidade de adubação de correção do solo (CQFS RS/SC, 2004).

Ainda é importante lembrar que os resíduos orgânicos incompletamente compostados podem ser fonte de organismos patogênicos (fungos, bactérias, vírus, helmintos) (CQFS RS/SC, 2004). A compostagem envolvendo dejetos ovinos promove uma eficiente degradação da matéria orgânica, produzindo compostos de boa qualidade, com expressivos conteúdos de N, P e K, nutrientes importantes para o desenvolvimento das plantas (AMORIM et al., 2005). Kiehl (1985) afirma que, a composição média do esterco ovino é de 65,22% de matéria orgânica; 1,44% de nitrogênio; 1,04% de fósforo e 2,07% de potássio.

3.6 Custos de produção de silagem de milho

Custo de produção é a soma dos valores de todos os recursos (insumos) e operações, serviços utilizados no processo produtivo de certa atividade (LOPES e CARAVALHO, 2002). Dessa forma, o cálculo do custo de uma determinada cultura estabelece custos de produção associados aos diversos padrões tecnológicos e preços de fatores em uso, sendo que devem constar informações básicas como a combinação de insumos, de serviços e de máquinas e implementos utilizados ao longo do processo produtivo nas diferentes situações ambientais. Assim, a CONAB (2010), ressalta que esta combinação é conhecida como “pacote tecnológico” e indica a quantidade de cada item em particular, por unidade de área, que resulta num determinado nível de produtividade. Essas quantidades mencionadas, referidas à unidade de área (hectare) são denominadas de coeficientes técnicos de produção, podendo ser expressas em tonelada, quilograma ou litro (corretivos, fertilizantes, sementes e agrotóxicos), em horas (máquinas e equipamentos) e em dia de trabalho humano ou animal.

Por meio dos custos de produção consegue-se verificar a viabilidade do sistema produtivo. Nesse caso, a proposição e utilização de modelos matemáticos, são justificáveis por se tratar de uma importante ferramenta no planejamento de um sistema agrícola, devido que tais definições racionalizam a produção, permitindo maior aproveitamento dos recursos naturais e favorecendo o planejamento de atividades, ao nível de propriedade e o zoneamento agrícola, ao nível de região (DOURADO NETO et al., 2005). Estes modelos, originalmente foram propostos para classificar híbridos de milho para a seleção genética, mas atualmente, também estão sendo utilizados por nutricionistas e produtores de leite, como ferramentas úteis para avaliar dietas de vacas leiteiras e o seu custo, a partir da composição nutricional dos alimentos (SPANGHERO et al., 2009).

3.7. Referências Bibliográficas

AMORIM, A.C; LUCAS JUNIOR, J.; RESENDE, K.T. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. **Revista Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.57-66, 2005.

ANDRAE, J.G.; HUNT, C.W.; PRITCHARD, G.T.; KENNINGTON, L.R.; HARRISON, J.H.; KEZAR, W.; MAHANNA, W. Effect of hybrid, maturity and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n.9, p.2268-2275, 2001.

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**, Champaign, v.87, n.7, p.2172-2176, 2004.

CAETANO, H.; OLIVEIRA, M.D.S.; FREITAS JÚNIOR, J.E.; RÊGO, A.C.; CARVALHO, M.V.; RENNÓ, F.P. Bromatological evaluation of eleven corn cultivars harvested at two cutting heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.41, n.1, p.11-17, 2012.

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

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. **Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação**. Informacoes Agronomicas, Piracicaba, n.71, set. 1995. Arquivo do Agrônomo, Piracicaba, n.2, p.1-9, set. 1995. Encarte.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

CONAB. **Companhia Nacional do Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, 2010. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/10_12_09_16_39_39_boletim_portugues_-_dez_de_2010.pdf. Acesso em: 03 de julho de 2012.

CONAB. **Companhia Nacional do Abastecimento**. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2012/2013, 2013. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_16_14_32_01_boletim_portugues_-_setembro_2013.pdf. Acesso em: 27/12/2013.

DOURADO NETO, D.; NASS, L. L.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; PILAU, F.G.; OHSE, S.; BONNECARRÈRE, R.A.G. Modelos matemáticos-fisiológicos para estimar matéria seca da parte aérea e produtividade de grãos de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n.4, p.409-418, 2005.

FERNANDEZ, I.; NOZIÈRE, P.; MICHALET-DOREAU, B. Site and extent of starch digestion of whole-plant maize silages differing in maturity stage and chop length, in dairy cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.89, n.2-3, p.147-157, 2004.

FRANÇA, G.E.; COELHO, A.M. Adubação do milho para silagem. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.; FERREIRA, J.J. (Ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. cap. 3, p. 53-83. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_16_14_32_01_boletim_portugues_-_setembro_2013.pdf. Acesso em: 27/12/2013.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

KONZEN, A.E.; ALVARENGA, R.C. **Cultivo do Milho – Fertilidade de Solos: Adubação**

Orgânica. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, Sistemas de Produção, 2009. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_5ed/feroorganica.htm>. Acesso em: 09/05/2012.

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**, Newark, v.91 p.1451-1457, 2008.

LAUER, J. **Corn silage cutting height**. University of Wisconsin-Extension, 1998. Disponível em: http://www.uwex.edu/ces/forage/wfc/proceedings2001/corn_silage_cutting_height.htm. Acesso em: 30/01/2014.

LOPES, M.A.; CARVALHO, F.M. **Custo de produção do gado de colheita**. Lavras: UFLA, 2002. 48p.

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

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P.R.; RESTLE, J.; OST, P.R.; LUSTOSA, S.B.C.; FALBO, M.K. Ensilagem de milho (*Zea mays* L.) em diferentes alturas de colheita e tamanho de partículas: produção, composição e utilização na terminação de bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.6, n.3, p.379-397, 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: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4, 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: Sthampa, 2011. p.95-130.

NEYLON, J.M.; KUNG JUNIOR, L. Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Newark, v.86, n.6, p.2163-2169, 2003.

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, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001a. p. 127-145.

NUSSIO, L.G. Milho e sorgo para produção de silagem. In: SANTOS, F.A., NUSSIO, L.G., SILVA, S.C. (Eds.). **Volúmosos para bovinos**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 75-177.

NUSSIO, L.G.; ZOPOLLATO, M.; MOURA, J.C. Metodologia de avaliação e aditivos. WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2. 2001, [Piracicaba, SP]. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001b. p.1-127.

OBA, M.; ALLEN, M.S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of

dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n 6, p.1333-1341, 2000.

OLIVEIRA, F.C.L.; JOBIM, C.J.; SIMILI, M.S.; CALIXTO JUNIOR, M.; BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; ROMAN, J. Produtividade e valor nutricional da silagem de híbridos de milho em diferentes alturas de colheita. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.4, p.720-727, 2011.

PAZIANI, S.F.; DUARTE, A.P.; NUSSIO, L.G.; GALLO, P.B.; BITTAR, C.M.M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P.C. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.411-417, 2009.

PEDÓ, L.F.B.; NÖRNBERG, J.L.; VELHO, J.P.; HENTZ, F.; HENN, J.D.; BARCELLOS, J.O.J.; VELHO, I.M.P.H.; MARX, F.R. Fracionamento de carboidratos de silagens de milho safrinha colhidos em diferentes alturas de colheita. **Ciência Rural**, v.39, n.1, p.188-194, 2009.

PEREIRA, J.R.A. **O mercado de silagem de milho no Brasil**. 2013. Disponível em: http://m.milkpoint.com.br/mypoint/253066/p_o_mercado_de_silagem_de_milho_no_brasil_cadeia_produtiva_graos_milho_silagem_mercado_5217.aspx. Acesso em 30/01/2014.

QIU, X.; EASTRIGDE, M.L.; WANG, Z. Effects of corn silage hybrid and dietary concentration of forage NDF on digestibility and performance by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n 11, p.3667-3674, 2003.

RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; BERNARDES, R.A.C.; ARBOITTE, M.Z.; ROSA, J.R.P. Manipulação do corte do sorgo (*Sorghumbicolor*, *L. Moench*) para confecção de silagem, visando a produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.3, p.1481-1490, 2002a.

RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L.; PASCOAL, L.L.; SILVA, J.H.S.; PELLEGRINI, L.G.; SOUZA, A.N.M. Manipulação da altura de colheita da planta de milho (*Zea mays*, *L.*) para ensilagem, visando a produção do superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.3 , p.1235-1244, 2002b.

SILVA, F.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; CORRÊA, C.E.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BRITO, A.F.; MOURÃO, G.B. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (*L.*) *Moench*) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folhas/panícula. 1. Avaliação do processo fermentativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n.1, p.14-20, 1999.

SIQUEIRA JUNIOR, L.A. **Alterações de características de solo na implantação de um sistema de integração agricultura-pecuária leiteira**. Curitiba, 2005. 107p.

SPANGHERO, M.; ZANFIL, C.; RAPETTI, L.; COLOMBINI, S. Impact of NDF degradability of corn silage on the milk yield potential of dairy cows. **Italian Journal of Animal Science**, v.8, p.211-220, 2009.

VELHO, J.P. **Qualidade nutritiva de silagens de milho (*Zea mays L.*) “safrinha” de planta inteira de diferentes maturidades submetidas a distintos procedimentos de ensilagem e “desensilagem”**. 2005. 109f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

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**, v.8, n.2, p.157-173, 2009.

WU, Z.; ROTH, G. **Considerations in managing cutting height of corn silage**. Extension publication DAS 03-72. Pennsylvania State University, College Park, 2005.

4. CAPÍTULO 1 - ALTURA DE COLHEITA DO MILHO SOBRE A PRODUÇÃO E QUALIDADE NUTRICIONAL DA SILAGEM, BALANÇO DE NUTRIENTES NO SOLO E DESEMPENHO ECONÔMICO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

RESUMO

O experimento foi conduzido no campo experimental do campus Cedeteg da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO), com o objetivo de avaliar os parâmetros agronômicos de produção, composição vegetal, valor nutricional da planta de milho e balanço de nutrientes no solo quando colhido em diferentes alturas: 20, 40, 60, 80 e 100 cm do solo. A elevação de cada 10 cm na altura de colheita das plantas de milho proporcionou aumento de 0,65 pontos percentuais na matéria seca (MS) e de 339 kg ha⁻¹ de MS na produção da fitomassa ensilável. A participação percentual de grãos na estrutura da planta de milho cresceu linearmente na ordem 1,24 pontos percentuais a cada 10 cm de aumento na altura de colheita. Os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina da silagem de milho resultante tiveram decréscimo linear, respectivamente de 4,5; 2,8 e 9,6%, enquanto que os nutrientes digestíveis totais, consumo de matéria seca e valor relativo da forragem tiveram acréscimo linear de 0,5; 7,2 e 8,2% a cada 10 cm na elevação da altura de colheita. Também observou-se redução na extração de nutrientes pela fitomassa ensilável de 3,6 kg ha⁻¹ de N, 1,3 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 9,5 kg ha⁻¹ de K₂O, 0,9 kg ha⁻¹ de CaO e 1,2 kg ha⁻¹ de MgO. Mesmo com a colheita mais alta (100 cm) a incorporação de nutrientes via fitomassa remanescente não foi suficiente para equilibrar o K do solo, ficando o balanço em 37,69 kg ha⁻¹ de K₂O negativos, enquanto que o N e o P ficaram positivos em 42,21 e 29,00 kg ha⁻¹ de N e P₂O₅, respectivamente. Com a elevação da altura de colheita, reduziu-se quantitativamente a produção de fitomassa seca por área, porém as plantas de milho e a silagem apresentaram menores teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, determinando um maior valor relativo do alimento e com isso estimou-se a maior produção de leite por hectare com a silagem colhida a 46,5 cm de altura. Quanto maior a elevação da altura de colheita das plantas para produção de silagem de milho, menor é a demanda de nutrientes para o sistema, devido a reciclagem de nutrientes promovida pela fitomassa remanescente reintegrados ao solo. **Palavras-chave:** extração de nutrientes, matéria seca e valor relativo da forragem.

EFFECT OF CUTTING HEIGHT OF CORN PLANT ON THE NUTRITIVE VALUE OF SILAGE AND BALANCE OF SOIL NUTRIENTS

ABSTRACT

The experiment was conducted at the experimental field of the Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO), with the objective of evaluating the agronomic production parameters, vegetation composition, nutritional value of the corn plant and nutrient balance in when soil collected at different times: 20, 40, 60, 80 and 100 cm from the ground. The elevation of each 10 cm the cutting height of corn plants led to an increase of 0.65 percentage points in the dry matter (DM) and in the order of 339 kg ha⁻¹ of DM in the production of biomass silage. The percentage share of grains in the structure of the corn plant were compounded by 1.24 percentage linearly in the order of 10 cm to increase the height of cut points. The content, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and lignin resulting corn silage had a linear decrease, respectively 4.5; 2.8 and 9.6% while the total digestible nutrients, dry matter intake and relative value of the forage had a linear increase of 0.5; 7.2 and 8.2% for every 10 cm increase in height of the harvest. For every 10 cm increase in crop plants, also observed a reduction in nutrient uptake by biomass silage of 3.6 kg ha⁻¹ N, 1.3 kg ha⁻¹ P₂O₅, 9.5 kg ha⁻¹ K₂O, 0.9 kg ha⁻¹ CaO and 1.2 kg ha⁻¹ of MgO. Even with the highest cut (100 cm) the incorporation of nutrients with stubble stalk was not sufficient to balance the soil K being in 37.69 kg ha⁻¹ K₂O negative, while the N and P were positive in 42.21 and 29.00 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and N respectively. With increasing cutting height was reduced quantitatively the dry matter production per area, but plants and corn silage had lower levels of neutral detergent fiber and acid detergent fiber, determining a higher relative value of food and it estimated the higher milk production per hectare silage harvested 46.5 cm. Also with increasing height of plant harvesting for silage corn, the lower the demand for nutrients by the plants due to nutrient recycling promoted by the remaining stems to the ground reinstated.

Keywords: nutrient uptake, dry matter and relative value of the forage.

4.1 Introdução

A conservação de forragens na forma de silagem depende de um processo fermentativo anaeróbio baseado na conversão dos carboidratos solúveis em ácidos orgânicos, mediante atividade microbiana, onde a qualidade final da silagem depende da eficiência desse processo fermentativo e das condições que a determinam. Segundo Neumann (2001) vários fatores podem interferir nas condições de fermentação como umidade, temperatura, presença de oxigênio, concentração de carboidratos solúveis e características particulares da composição físico-química da planta ensilada, assim como procedimentos de colheita, sendo que variações na altura de colheita e no tamanho de partícula da forragem resultam na obtenção de silagens com variados valores nutritivos.

A altura de colheita da planta de milho é fato importante a se considerar durante a confecção de silagem. O aumento da altura de colheita das plantas, através de regulação na ensiladeira, proporciona somente a colheita da porção superior da planta de milho, resultando em silagem com maior participação de grãos na matéria seca. Segundo Nussio et al. (2001a), devido à maior concentração de grãos, a silagem fica com maior teor energético, indicada para uso em sistemas com animais de alta produção, em virtude de ser um alimento de alto valor nutricional, porém com maior custo de produção, devido ao menor rendimento de fitomassa seca, que fica entre 75 e 80% do rendimento com silagem colhida rente ao solo.

A possibilidade de manipulação do processo de colheita do milho para ensilagem, com a elevação da altura de colheita das plantas, determina menor participação de colmos e folhas senescentes, resultando, conforme Restle et al. (2002b), em melhoria da qualidade da silagem produzida, devido aos decréscimos significativos nos teores de fibra em detergente neutro e detergente ácido da silagem.

Caetano et al. (2012), avaliando cultivares de milho para ensilagem, sob sistema de colheita à altura de 5 cm acima do nível do solo (corte baixo) e a 5 cm abaixo da inserção da primeira espiga (corte alto), concluiu que as cultivares tidas comercialmente como de alta digestibilidade da parede celular também manifestaram melhorias na digestibilidade da matéria seca na silagem, em função da elevação da altura de colheita das plantas. No entanto, dados de literatura alertam para estimativas econômicas de retorno inferiores, devido à menor produção de fitomassa seca por hectare nas plantas colhidas na altura de colheita alta, modificando o balanço econômico.

Por outro lado, Neumann et al. (2007) verificaram que a colheita em altura mais elevada contribuiu para o aumento da reciclagem de matéria orgânica ao solo, com retorno de parte dos nutrientes concentrados nos internódios inferiores da planta, que normalmente são extraídos em decorrência da colheita rente ao solo. Martin et al. (2011) reforçam que problemas de fertilidade do solo se manifestarão mais cedo na produção de silagem do que na produção de grãos, principalmente se for obtida por vários anos consecutivos de uma mesma área e sem os devidos manejos de solo e adubações adequadas. Segundo Nussio et al. (2001b), tais contribuições devem ser consideradas em um programa de exploração racional das glebas visando alta produtividade, e merecem avaliação econômica mais criteriosa para justificar a recomendação.

Dentro deste contexto objetivou-se avaliar o efeito da altura de colheita do milho para silagem sobre a produção e composição da fitomassa ensilável e remanescente, assim como avaliar o balanço de nutrientes no solo e estimar a capacidade produtiva de leite.

4.2 Material e Métodos

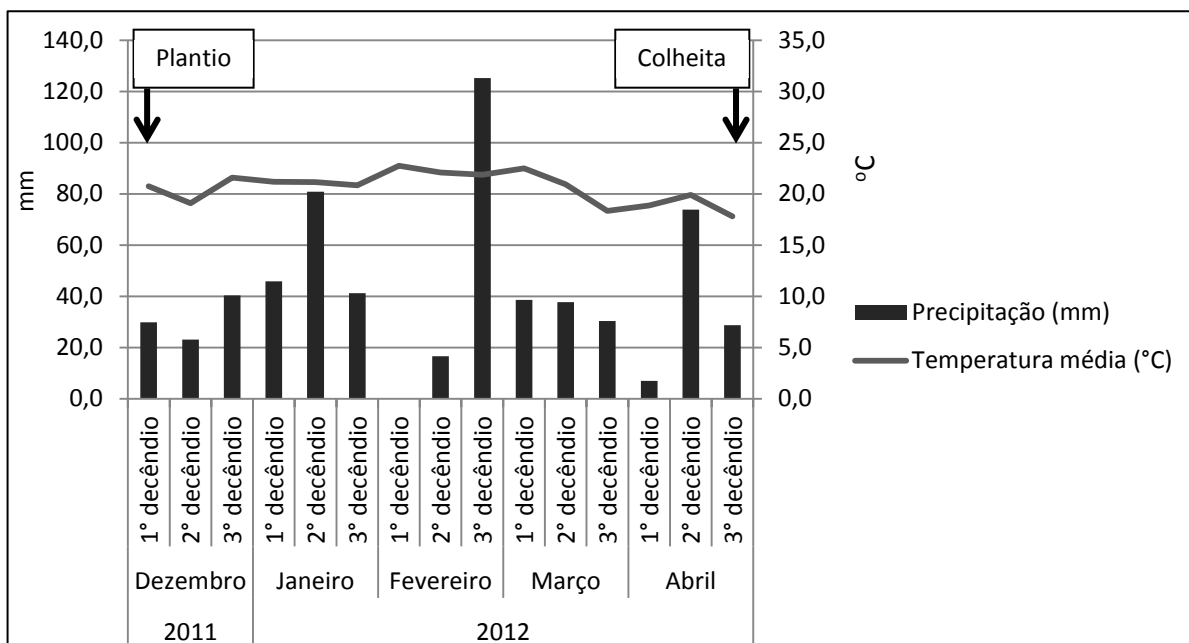
4.2.1 Local experimental e dados meteorológicos

O experimento foi conduzido nas dependências do setor de ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), no município de Guarapuava – PR, situado na zona subtropical do Paraná (MAACK, 2002), sob as coordenadas geográficas 25°23'02" de latitude sul e 51°29'43" de longitude oeste e 1.026 m de altitude.

A área experimental possui histórico de rotação lavoura-pecuária e a cultura antecessora ao milho foi aveia e azevém em cobertura. O solo é classificado como Latossolo Bruno (EMBRAPA, 2006) e em ocasião antecipada ao plantio apresentou as características químicas (0 a 20 cm): pH CaCl₂ 0,01M: 4,5; P: 4,4 mg dm⁻³; K⁺: 0,5 cmolc dm⁻³; MO: 4,15%; Al³⁺: 0,15 cmolc dm⁻³; H⁺ + Al³⁺: 6,99 cmolc dm⁻³; Ca²⁺: 2,8 cmolc dm⁻³ e Mg²⁺: 2,2 cmolc dm⁻³, segundo metodologias analíticas descritas por Pavan et al. (1992).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é o Cfb (Subtropical mesotérmico úmido), com verões amenos e invernos moderados, sem estação seca definida e com geadas severas. A precipitação média anual é de 1944 mm, a temperatura média mínima anual é de 12,7°C e a temperatura média máxima anual é de 23,5°C, com umidade relativa do

ar média de 77,9% (IAPAR, 2000). Os valores médios de precipitação e temperatura ocorrida no período de cultivo do milho neste trabalho estão apresentados na Figura 1.



Fonte: Estação Meteorológica do IAPAR, campus CEDETEG/UNICENTRO, Guarapuava – PR.

Figura 1: Temperatura média ocorrida e precipitação acumulada, por decêndio, no período de cultivo do milho safra 2011/2012, Guarapuava – PR.

4.2.2 Tratamentos

Os tratamentos foram T₁: forragem colhida a 20 cm do solo, T₂: forragem colhida a 40 cm do solo, T₃: forragem colhida a 60 cm do solo, T₄: forragem colhida a 80 cm do solo e T₅: forragem colhida a 100 cm do solo.

4.2.3 Implantação e condução da cultura

As parcelas foram alocadas em uma área homogênea de solo, relevo e plantas. Como material experimental, utilizou-se o híbrido simples de milho P30F53HR (Pioneer®), de caráter granífero-silageiro, ciclo precoce e porte médio. A área semeada foi de 720 m², posteriormente subdividida em 25 parcelas com 6 linhas de cultivo de 6 m de comprimento cada, espaçadas a 0,8 m (entrelinhas), resultando em uma área por parcela de 28,8 m².

Antecipadamente à semeadura, a área foi dessecada com herbicida a base de *Glifosato* (produto comercial Roundup Original®: 3,0 L ha⁻¹), no manejo da cultura até 30 dias após a

emergência das plantas foram aplicados herbicida a base de *Atrazina* (produto comercial *Atrazina Atanor*[®]: 4,0 L ha⁻¹) + *Soberan*[®]: 240 ml ha⁻¹ e óleo mineral (produto comercial *Assist*[®]: 1,0 L ha⁻¹), e inseticida do grupo químico Piretróide (produto comercial *Karate Zeon 50CS*[®]: 150 mL ha⁻¹).

A semeadura do milho foi efetuada em cinco de dezembro de 2011, em sistema de plantio direto, profundidade de semeadura de 4 cm e distribuição de 6 sementes por metro linear visando obter população final de 70.000 plantas ha⁻¹. Juntamente a semeadura foi realizada a adubação de base com 300 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 05-25-25 (N-P₂O₅-K₂O) e adubação de cobertura com 200 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia (45-00-00) quando as plantas apresentaram quatro folhas totalmente expandidas.

4.2.4 Avaliação da lavoura

A coleta dos dados fitométricos das plantas de milho foi efetuada no estágio fenológico de grão farináceo a duro (R5), aos 134 dias após a emergência das plantas. Na avaliação procedeu-se a colheita das plantas contidas na área útil de cada parcela, colhidas manualmente rentes ao solo. Foi avaliada a altura de planta, altura da fitomassa ensilável, altura de inserção da espiga, diâmetro de colmo, número de folhas secas, peso da planta e peso da fitomassa remanescente. A altura de planta foi medida rente ao solo até a inserção da última folha e a altura de espiga até a inserção da primeira espiga. Para a obtenção da altura da fitomassa ensilável considerou-se a altura da planta menos a altura de colheita. O diâmetro do colmo foi medido no entre-nó da altura efetiva de colheita.

Também foi determinada a composição física estrutural da planta avaliando-se colmo, folhas, brácteas mais sabugo, grãos e fitomassa remanescente. As estruturas vegetais foram separadas manualmente e picadas com o auxílio de estiletes. Cada parte da planta foi acondicionada em pacote de papel e, na sequência, os pacotes foram levados à estufa de circulação forçada de ar a 55°C até atingir peso constante, para determinação do teor de MS parcial (AOAC, 1995).

Para a determinação da população de plantas por hectare, na ocasião da colheita (estádio R5) efetuou-se a contagem das plantas contidas em 5 metros lineares aleatórios de cada parcela, sendo considerada a média das parcelas. Portanto, as produções de fitomassa fresca e seca foram estimadas pela relação entre a população final (plantas ha⁻¹) e o peso

médio por planta.

4.2.5 Confecção dos silos experimentais

Cinco plantas representativas de cada parcela foram picadas em uma máquina forrageira estacionária da marca Nogueira[®], modelo EM 6400, com tamanho médio de partículas de 2 cm. O material picado de cada parcela foi homogeneizado e ensilado em silos experimentais de PVC (poly vinyl choride), com 10 cm de diâmetro.

A compactação da silagem foi realizada manualmente com um bastão de madeira. Para o fechamento dos silos foi utilizada lona plástica vedada com fita adesiva, para evitar trocas gasosas. Após 85 dias do processo de ensilagem os silos foram abertos, as porções da silagem localizadas nas extremidades foram descartadas e a porção central foi homogeneizada.

4.2.6 Avaliações laboratoriais

As amostras de planta inteira e estruturas anatômicas (colmo, folhas, brácteas mais sabugo e grãos), fitomassa ensilável e remanescente e silagens, foram pesadas e pré-secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até atingir peso constante, para determinação do teor de MS parcial seguindo metodologia sugerida pela AOAC (1995). Após secagem as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey com peneira de malha de 1 mm para realização de análises químico-bromatológicas.

Nas amostras pré-secas, foram realizadas as análises para determinação da proteína bruta (PB) pelo método micro Kjeldahl, matéria mineral (MM) por incineração a 550°C (4 horas) e extrato etéreo (EE) conforme técnicas descritas pela AOAC (1995). Foram determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), conforme Van Soest et al. (1991), utilizando-se α amilase termoestável (Termamyl[®] 120L, Novozymes[®] Latin América Ltda.) e fibra em detergente ácido (FDA) segundo Goering e Van Soest (1970). Os teores de lignina foram determinados seguindo metodologia proposta por Silva e Queiroz (2009), a hemicelulose foi determinada por diferença (Hemicelulose = FDN - FDA), assim como a celulose (Celulose = FDA - lignina) e os teores de carboidratos não fibrosos [CNF = 100 - (PB + EE + MM + FDN)].

Para a determinação da matéria seca total, as amostras foram levadas a estufa a 105°C por 16 horas (SILVA e QUEIROZ, 2009) e para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg

foram realizadas análises de acordo com a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Para as silagens, os valores da estimativa do consumo de matéria seca em relação ao peso vivo (CMSP) foram obtidos pela fórmula: $CMSP = 120 \div FDN$, segundo Mertens (1992). Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos via equação: $NDT, \% = 87,84 - (0,70 \times FDA)$ e o valor relativo do alimento (VRA) foi expresso pela associação entre potencial de consumo de matéria seca e digestibilidade estimada da matéria seca (DMS): $VRA = [(DMS \times CMSP) \div 1,29]$ conforme Bolsen (1996).

4.2.7 Análise econômica dos sistemas

Para compor a análise de custos, realizou-se um levantamento dos componentes de custo com dados médios praticados no Estado do Paraná. Na contabilização dos valores gastos com despesas de custeio da lavoura como operação com máquinas (180,00 R\$ ha⁻¹), mão-de-obra fixa e temporária (60,30 R\$ ha⁻¹), valor das sementes (361,33 R\$ ha⁻¹) e gastos com defensivos (170,30 R\$ ha⁻¹), foram considerados os resultados das estimativas de custo de produção do milho de alta tecnologia, produtividade de 7.000 kg ha⁻¹ de grãos, para a safra de verão 2012/2013 no estado do Paraná (CONAB, 2013a). No entanto, os valores gastos com fertilizantes utilizados na adubação de base (05-25-25; 417,59 R\$ ha⁻¹), e adubação de cobertura (45-00-00; 553,67 R\$ ha⁻¹), foram obtidos pela média anual praticada no ano de 2013, conforme consulta nos indicadores da agropecuária da CONAB (2013b).

Já para as despesas de colheita e armazenagem (1.210,00 R\$ ha⁻¹), do milho em forma de forragem consideraram-se os coeficientes técnicos do processo segundo EMBRAPA (2003). Os valores pagos pelos serviços foram computados conforme a SEAB (2013), sendo que para a ensilagem de 1 hectare de forragem de milho são necessários: 3,88 horas de serviço de trator (71 a 86 HP) e ensiladeira de uma linha para corte e picagem com custo de 80,13 R\$ hora⁻¹; 8,0 horas de serviço de trator (50 a 70 HP) para transporte da forragem picada, distribuição no silo e compactação custando 63,00 R\$ hora⁻¹; 4,74 dias homem⁻¹ de trabalho para descarga e distribuição da forragem, auxílio no campo e ao tratorista com o custo de 80,00 R\$ dia⁻¹; 70 m² de lona dupla face de 150 µ com preço médio regional de 1,80 R\$ m⁻².

O custo total (R\$ t⁻¹ de MS) foi obtido através da somatória dos custos de produção de silagem por hectare dividido pela produção de MS de cada altura de colheita.

Para o cálculo do custo total com reposição foi descontado do custo total por tonelada de MS os nutrientes contidos na fitomassa remanescente transformados para valores

monetários pelos equivalentes em uréia (45% de N; 1.245,75 R\$ t⁻¹), superfosfato simples (18% de P₂O₅; 908,09 R\$ t⁻¹) e cloreto de potássio (60% de K₂O; 1.365,52 R\$ t⁻¹) com preços obtidos pela média praticada no ano de 2013, conforme consulta realizada nos indicadores da agropecuária da CONAB (2013b). As fórmulas comerciais dos adubos foram obtidas através do seguinte cálculo de acordo com a CQFS RS/SC (2004): P₂O₅ = P x 2,29, K₂O = K x 1,20, CaO = Ca x 1,39 e MgO = Mg x 1,66.

A produção de leite por tonelada de MS e por hectare foi simulada com o auxílio da planilha MILK 2006, desenvolvida por Shaver et al. (2006).

4.2.8 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos (alturas de colheita da planta: 20, 40, 60, 80 e 100 cm) com cinco repetições.

Os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial, considerando a variável altura de colheita das plantas, pelo procedimento PROC REG do programa estatístico SAS (1993).

A análise de cada variável seguiu o modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + AC_i + E_{ij}$; onde Y_{ij} = variáveis de pendentes; μ = média geral de todas observações; AC_i = efeito da altura de colheita de ordem “i”, sendo 1 = 20 cm, 2 = 40 cm, 3 = 60 cm, 4 = 80 cm e 5 = 100 cm; E_{ij} = erro aleatório residual.

4.3 Resultados e Discussão

Houve efeito da altura de colheita na produção de fitomassa ensilável fresca (FEV) e seca (FES) e de fitomassa remanescente (FRF e FRS) do milho (Tabela 2).

Com base na colheita a 20 cm do solo, o híbrido de milho apresentou no presente trabalho uma altura total de 2,02 m e 1,12 m de altura de inserção da espiga, com potencial produtivo de 53.045 kg ha⁻¹ de fitomassa ensilável fresca e 15.979 kg ha⁻¹ de fitomassa ensilável seca.

Tabela 2: Produções de fitomassa ensilável fresca (FEF) e seca (FES), fitomassa remanescente fresca (FRF) e seca (FRS) da cultura do milho submetida a diferentes alturas de colheita para ensilagem.

Altura de colheita (cm)	Produções (Kg ha ⁻¹)			
	FEF ^a	FES ^b	FRF ^c	FRS ^d
20	53.045	15.979	5.798	962
40	50.387	15.719	9.961	1.871
60	46.159	15.205	14.878	3.280
80	42.676	14.589	18.412	3.961
100	37.430	13.157	24.268	5.380
Média	45.940	14.930	14.663	3.091

^a $y = 57622 - 194,7060x$ (CV: 8,38%; R²: 0,6896; P=0,0001), onde x representa altura de colheita variando de 20 a 100 cm.

^b $y = 16962 - 33,8730x$ (CV: 9,10%; R²: 0,3508; P=0,0018)

^c $y = 1045 + 226,9550x$ (CV: 12,27%; R²: 0,9326; P=0,0001)

^d $y = -186 + 54,6220x$ (CV: 16,52%; R²: 0,9087; P=0,0001)

De acordo com a Tabela 2, com o aumento da altura de colheita, as produções de fitomassa ensilável fresca e seca apresentaram comportamento linear decrescente, com redução de 9,6% e 9,8% a cada 10 cm na elevação da altura de colheita, respectivamente. Neumann et al. (2007) observaram redução de 10,3% na produção de fitomassa ensilável fresca ao se elevar a altura de colheita de 15,2 para 38,6 cm, enquanto a produção de fitomassa ensilável seca estimada apresentou uma redução de 6,6% (19.144 contra 17.875 kg MS ha⁻¹). Oliveira et al. (2011) observaram queda de 13,6% na produtividade de fitomassa ensilável (14.600 contra 12.600 kg de MS ha⁻¹) ao se elevar de 15 cm para 55 cm a altura de colheita. Lauer (1998) e Castañeda et al. (2005) observaram redução na produtividade de 15% e de 13% com elevação da altura de colheita de 15 para 45 cm, respectivamente.

A fitomassa remanescente na lavoura (Tabela 2), na base fresca e seca, apresentou aumento linear de 2.270 kg ha⁻¹ e 546 kg ha⁻¹ a cada 10 cm na elevação de colheita, respectivamente. Já Neumann et al. (2007) elevando a altura de colheita de 15,2 para 38,6 cm, obtiveram aumento na produção de fitomassa seca 1.226 kg de MS ha⁻¹.

Na Figura 2, observa-se um aumento linear da porcentagem de fitomassa remanescente e um efeito linear decrescente da fitomassa ensilável. A elevação da altura de colheita de 20 para 100 cm determinou redução de 30 pontos percentuais na fitomassa ensilável e conseqüentemente um aumento inversamente proporcional na fitomassa remanescente.

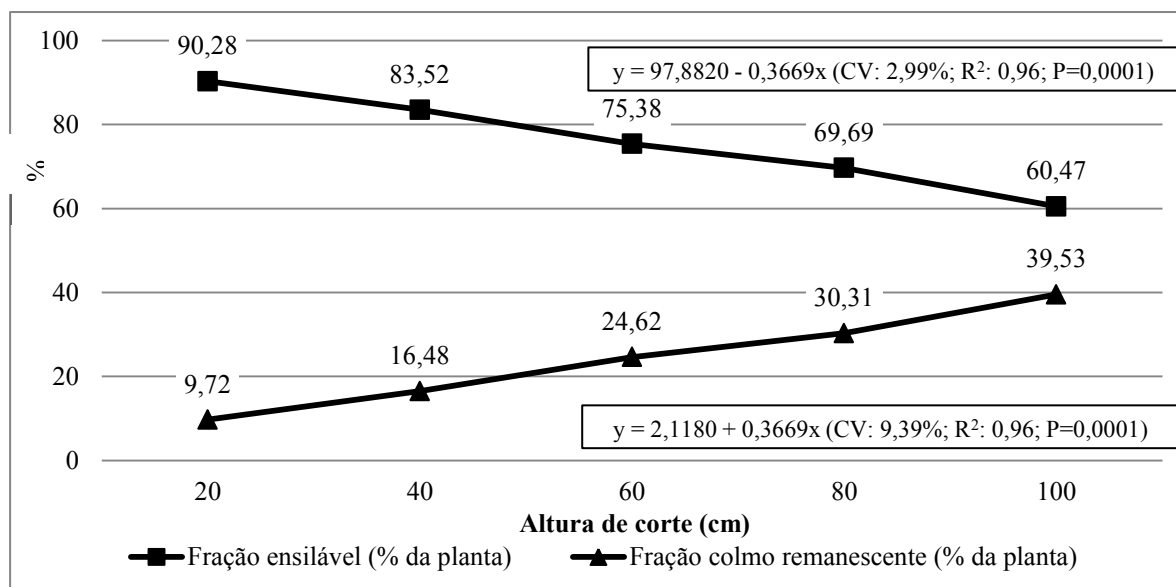


Figura 2: Percentual de fitomassa ensilável e fitomassa remanescente das plantas de milho submetidas a diferentes alturas de colheita.

Conforme a Tabela 3, os teores de MS do colmo, folhas, brácteas mais sabugos e grãos não sofreram interferência dos tratamentos de alturas de colheita e apresentaram valores médios de 23,7%, 30,5%, 34,9% e 62,7%, respectivamente. As variáveis de teores de matéria seca da fitomassa ensilável e remanescente apresentaram efeito linear crescente, com aumento de 0,65 e 0,68 pontos percentuais a cada 10 cm de elevação na altura de colheita, respectivamente. Valores similares foram encontrados por Pedó et al. (2009), avaliando a matéria seca das silagens em 4 alturas de colheita (20, 45, 70 e 95 cm), com aumento linear na de 0,69 pontos percentuais a cada 10 cm de elevação na altura de colheita.

Tabela 3: Teores de matéria seca dos componentes estruturais, da fitomassa ensilável e remanescente da cultura do milho submetida a diferentes alturas de colheita para ensilagem.

Altura de colheita (cm)	Teores de matéria seca (%)					
	Colmo ^a	Folhas ^b	Brácteas e sabugos ^c	Grãos ^d	Fitomassa ensilável ^e	Fitomassa remanescente ^f
20	22,4	30,6	37,6	64,2	30,2	16,6
40	23,9	31,4	34,0	62,8	31,2	18,8
60	24,6	32,6	34,6	63,3	33,0	22,1
80	22,8	28,7	34,0	60,8	34,2	21,5
100	24,6	29,4	34,5	62,4	35,2	22,1
Média	23,7	30,5	34,9	62,7	32,7	20,2

^{a, b, c, d} Não significativos. x representa altura de colheita variando de 20 a 100 cm.

^e $y = 28,8244 + 0,0650x$ (CV: 3,31%; R^2 : 0,7583; $P=0,0001$)

^f $y = 16,1262 + 0,0680x$ (CV: 7,36%; R^2 : 0,6450; $P=0,0001$)

Neste estudo, observou-se que o teor de MS da fitomassa ensilável aumentou com a elevação da altura de colheita, indicando que o colmo na base inferior é o componente com maior teor de umidade na planta (cerca de 80%), e sua participação na composição da silagem interfere no teor de MS da silagem resultante.

Com relação aos componentes estruturais da planta (Tabela 4), houve redução linear no percentual de colmo e folhas, enquanto que o percentual de grãos e de brácteas mais sabugos cresceu linearmente conforme o aumento da altura de colheita. A proporção de colmo e de folhas reduziu 1,0 e 0,4 pontos percentuais a cada 10 cm de elevação de colheita. Já os grãos apresentaram elevação na participação na planta, apresentando 47% com altura de colheita de 20 cm e chegando a altura de 100 cm com 57,2% de participação. As brácteas e sabugo demonstraram maior estabilidade na participação, com amplitude de 19,4% a 21,7%.

Tabela 4: Percentagem das frações colmo, folhas, brácteas mais sabugo e grãos na fitomassa do milho para ensilagem em diferentes alturas de colheita.

Altura de colheita (cm)	Frações das plantas (% na MS)			
	Colmo ^a	Folhas ^b	Brácteas e sabugos ^c	Grãos ^d
20	13,9	18,9	20,2	47,0
40	11,3	18,1	19,4	51,2
60	9,8	17,6	20,5	52,2
80	7,3	16,3	20,9	55,6
100	5,5	15,6	21,7	57,2
Média	9,6	17,3	20,5	52,6

^a $y = 15,8280 - 0,10460x$ (CV: 10,31%; R^2 : 0,9074; $P=0,0001$), onde x representa altura de colheita variando de 20 a 100 cm.

^b $y = 19,8160 - 0,0422x$ (CV: 8,87%; R^2 : 0,3968; $P=0,0007$)

^c $y = 19,1820 + 0,0227x$ (CV: 7,55%; R^2 : 0,1567; $P=0,0502$)

^d $y = 45,1760 + 0,1242x$ (CV: 4,9244%; R^2 : 0,6663; $P=0,0001$)

Mesmo no corte mais baixo, os valores encontrados no presente trabalho foram acima dos encontrados por Paziani et al. (2009), onde os grãos representaram 35,6% da MS ensilável e os colmos 27,1% da MS. Já Neumann et al. (2007), através da maior altura de colheita (15 cm contra 39 cm) das plantas de milho (P-30S40), observaram maior participação dos componentes folhas (28,4% contra 28,9%) e espigas (39,6% contra 43,7%) e menor participação de colmo (32,0% contra 27,8%). Comportamento similar foi encontrado por

Restle et al. (2002a), que observaram maior participação do componente folhas (27,6% contra 30,8%) e espigas (45,0% contra 47,4%) e menor participação de colmo (27,4% contra 21,8%) na massa ensilada, através da maior altura de colheita (20 cm contra 42 cm) das plantas de milho (AG-5011).

Na Tabela 5, observa-se uma redução linear na produção de PB, NDT, FDN, HEM, FDA, CEL, LIG e MM na biomassa ensilável conforme a elevação da altura de colheita, sendo que a cada 10 cm de elevação reduziu-se 22,2; 187,6; 297,3; 140,2; 157,0; 119,5; 37,6 e 29,3 kg ha⁻¹, respectivamente. Já Oliveira et al. (2011) não observaram diferenças nas produções de EE e PB com o aumento na altura de colheita de 15 cm para 55 cm. Esses resultados corroboram com os encontrados por Vasconcelos et al. (2005), que não encontraram diferenças nas produções de PB (kg ha⁻¹) na fitomassa ensilável e também encontraram reduções similares ao presente trabalho de 24% no FDN e 29% no FDA entre as alturas de colheita do milho a 10 cm e 80 cm.

Tabela 5: Produção montante de proteína bruta (PB), nutrientes digestíveis totais (NDT) estrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), lignina (LIG) e matéria mineral (MM) na fitomassa ensilável do milho submetida a diferentes alturas de colheita.

Altura de colheita (cm)	Produções (kg ha ⁻¹)									
	PB ^a	NDT ^b	EE ^c	CNF ^d	FDN ^e	HEM ^f	FDA ^g	CEL ^h	LIG ⁱ	MM ^j
20	1.256	11.267	448	5.177	8.483	4.527	3.956	3.252	704	615
40	1.228	11.161	456	5.280	8.195	4.415	3.780	3.224	556	560
60	1.156	11.036	444	5.681	7.435	4.120	3.315	2.804	511	489
80	1.136	10.642	430	5.723	6.865	3.760	3.105	2.612	493	436
100	1.080	9.651	366	5.151	6.175	3.452	2.723	2.363	360	384
Média	1.171	10.751	429	5.402	7.431	4.055	3.376	2.851	525	497

^a $y = 1304,5000 - 2,2210x$ (CV: 9,67%; R²: 0,2506; P=0,0108), onde x representa altura de colheita variando de 20 a 100 cm.

^b $y = 11877 - 18,7570x$ (CV: 9,76%; R²: 0,2175; P=0,0188)

^{c,d} y = Não significativos

^e $y = 9214,7600 - 29,7300x$ (CV: 9,70%; R²: 0,5965; P<0,0001)

^f $y = 4054,9200 - 14,0240x$ (CV: 12,25%; R²: 0,4096; P=0,0006)

^g $y = 4318,2000 - 15,7060x$ (CV: 8,92%; R²: 0,7028; P<0,0001)

^h $y = 3568,0600 - 11,9490x$ (CV: 9,63%; R²: 0,6220; P<0,0001)

ⁱ $y = 750,3600 - 3,7600x$ (CV: 22,01%; R²: 0,4796; P<0,0001)

^j $y = 672,5400 - 2,9290x$ (CV: 14,62%; R²: 0,5857; P<0,0001)

Com relação à extração de nutrientes do solo pela fitomassa ensilável (Tabela 6), os valores das análises no momento da ensilagem demonstram que os nutrientes extraídos em maior grandeza seguiram a ordem decrescente de $N > K > P > Mg > Ca$. A exportação de nutrientes do solo pela colheita de forragem a diferentes alturas, de acordo com as respectivas produções de MS, demonstrou que todos os nutrientes apresentaram comportamento linear decrescente, onde para cada 10 cm de elevação na altura de colheita houve redução na exportação dos macro nutrientes N, K, P, Ca e Mg, em 3,6; 7,9; 0,6; 0,6 e 0,7 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6: Exportação de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo pela fitomassa ensilável do milho submetida a diferentes alturas de colheita.

Altura de colheita (cm)	Material original - Nutrientes exportados do solo (kg ha ⁻¹)				
	N ^a	P ^b	K ^c	Ca ^d	Mg ^e
20	200,9	24,0	154,6	16,6	24,4
40	196,5	24,8	138,3	15,4	24,1
60	185,0	23,3	116,4	13,9	22,2
80	181,7	21,3	101,8	13,1	20,1
100	172,8	20,1	93,9	11,4	19,1
Média	187,4	22,7	121,0	14,1	22,0

^a $y = 208,6950 - 0,3553x$ (CV: 9,67%; R²: 0,2505; P=0,0108), onde x representa altura de colheita variando de 20 a 100 cm.

^b $y = 26,1300 - 0,0571x$ (CV: 14,65%; R²: 0,2040; P=0,0234)

^c $y = 168,3714 - 0,7894x$ (CV: 17,13%; R²: 0,5575; P<0,0001)

^d $y = 17,9396 - 0,0642x$ (CV: 12,36%; R²: 0,5414; P<0,0001)

^e $y = 26,3580 - 0,0732x$ (CV: 10,49%; R²: 0,4677; P=0,0002)

Na Tabela 7 observa-se um aumento linear no acúmulo de nutrientes na fitomassa remanescente, conforme o aumento na altura de colheita. Com a elevação da altura de colheita de 20 cm para 100 cm, os valores de PB passaram de 19 para 225 kg ha⁻¹, o EE passou de 3 para 31 kg ha⁻¹, o CNF de 130 para 954 kg ha⁻¹ e a MM de 35 para 279 kg ha⁻¹. Entre os componentes fibrosos o maior aumento foi da HEM, que elevou seu acúmulo em 570% e na sequência o FDN que aumentou 502%. Ainda nos mesmos níveis de elevação, a CEL acumulou 4,7 vezes mais na fitomassa remanescente, o FDA 4,6 vezes e a LIG 4,4 vezes. Oliveira (2009) obteve resultados similares para os teores de MM (34,66; 66,04 e 102,94 kg ha⁻¹) na fitomassa remanescente do milho colhidas a 15, 35 e 55 cm, respectivamente.

Tabela 7: Produção média de proteína bruta (PB), estrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), lignina (LIG) e matéria mineral (MM) na fitomassa remanescente da cultura do milho submetida a diferentes alturas de colheita para ensilagem.

Altura de colheita (cm)	Fitomassa remanescente - Produção (kg ha ⁻¹)								
	PB ^a	EE ^b	CNF ^c	FDN ^d	HEM ^e	FDA ^f	CEL ^g	LIG ^h	MM ⁱ
20	19	3	130	774	263	511	408	102	35
40	56	9	276	1456	518	938	744	193	74
60	100	13	577	2475	880	1595	1303	292	115
80	143	21	676	2913	1081	1833	1526	306	207
100	225	35	954	3886	1511	2375	1926	449	279
Média	109	16	523	2301	851	1450	1182	269	142

^a $y = -41,0200 + 2,4950x$ (CV: 20,53%; R²: 0,9157; P<0,0001), onde x representa altura de colheita variando de 20 a 100 cm.

^b $y = -6,52 + 0,3800x$ (CV: 49,59%; R²: 0,6583; P<0,0001)

^c $y = -91,1200 + 10,2320x$ (CV: 19,49%; R²: 0,8976; P<0,0001)

^d $y = -3,72 + 38,4080x$ (CV: 17,48%; R²: 0,8880; P<0,0001)

^e $y = -66,7800 + 15,2890x$ (CV: 18,71%; R²: 0,8892; P<0,0001)

^f $y = 62,68 + 23,1220x$ (CV: 17,2729%; R²: 0,8811; P<0,0001)

^g $y = 36,1400 + 19,0910x$ (CV: 16,46%; R²: 0,8934; P<0,0001)

^h $y = 26,8000 + 4,0280x$ (CV: 27,13%; R²: 0,7266; P<0,0001)

ⁱ $y = -44,1000 + 3,1030x$ (CV: 18,01%; R²: 0,9274; P<0,0001)

Os minerais de maior extração pela fitomassa foram na seguinte ordem decrescente: N > K > P > Mg > Ca, enquanto o acúmulo na fitomassa remanescente seguiu a seguinte ordem decrescente: K > N > Mg > Ca > P, demonstrando maior retenção de K na parte inferior do colmo e maior extração de P pela fitomassa em relação ao acúmulo na fitomassa remanescente, conforme Tabela 8. A quantidade de N, P, K, Ca e Mg tiveram aumentos lineares com o aumento da altura de colheita. Com o aumento da altura de colheita de 20 para 100 cm, o N, P e Ca aumentaram 11 vezes o seu acúmulo na fitomassa remanescente e o K e Mg ao redor de 5 vezes.

Em trabalho com 3 alturas de colheita (15, 35 e 55 cm), Oliveira (2009) também obteve os maiores acúmulos de minerais na fitomassa remanescente na ordem decrescente: K > N > Ca > P. No mesmo trabalho obteve-se acúmulos de K nas alturas de 15, 35 e 55 cm de 14,15 kg ha⁻¹, 27,89 kg ha⁻¹ e 49,62 kg ha⁻¹, respectivamente e N de 5,12 kg ha⁻¹, 10,68 kg ha⁻¹ e 18,11 kg ha⁻¹, respectivamente. O Ca e o P apresentaram valores abaixo de 5 kg ha⁻¹ mesmo na maior altura de colheita.

Tabela 8: Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) retidos na fitomassa remanescente da cultura do milho submetida a diferentes alturas de colheita.

Altura de colheita (cm)	Retenção de nutrientes na fitomassa remanescente (kg ha ⁻¹)				
	N ^a	P ^b	K ^c	Ca ^d	Mg ^e
20	3,07	0,23	11,15	1,09	2,24
40	8,94	0,55	20,69	3,35	4,38
60	15,97	0,99	36,25	5,80	6,15
80	22,96	1,70	56,84	6,86	6,98
100	36,00	2,58	66,81	12,20	11,51
Média	17,39	1,21	38,35	5,86	6,25

^a $y = - 6,5752 + 0,3994x$ (CV: 20,61%; R²: 0,9152; P<0,0001), onde x representa altura de colheita variando de 20 a 100 cm.

^b $y = - 0,5428 + 0,0292x$ (CV: 28,54%; R²: 0,8616; P<0,0001)

^c $y = - 5,8884 + 0,7373x$ (CV: 22,40%; R²: 0,8649; P<0,0001)

^d $y = - 1,8638 + 0,1287x$ (CV: 30,66%; R²: 0,8170; P<0,0001)

^e $y = - 0,0852 + 0,1056x$ (CV: 25,69%; R²: 0,7899; P<0,0001)

Oliveira et al. (2011), com a elevação da altura de colheita de 15 cm para 35 e 55 cm, não observaram diferenças (P<0,05) nos teores de PB e de EE. Já no presente trabalho, conforme a Tabela 9, os componentes não fibrosos da silagem apresentaram comportamento linear crescente (P<0,05) de 2,1% na PB e 4,3% no EE a cada 10 cm na elevação da altura de colheita. Estes valores são condizentes com os dados apresentados por Pedó et al. (2009), que para o teor de EE observaram aumento linear crescente de 3,5% a cada 10 cm na elevação da altura de colheita e Kung Jr et al. (2008) observaram aumento de 4% no teor de PB aumentando a altura de colheita de 12,5 para 47,5cm.

Segundo Pedó et al. (2009), a análise de EE não é a mais recomendada para determinar a fração lipídica que realmente contribui para o metabolismo animal, uma vez que compostos não energéticos, tais como pigmentos, ceras, cutina e clorofila são carregados pelo éter juntamente com a gordura, aumentando o teor de extrato etéreo. Possivelmente, as diferenças estatísticas observadas devem-se ao incremento das proporções de folhas e grãos nas alturas mais elevadas de colheita, cujos componentes apresentam maiores quantidades de pigmentos, ceras e triglicerídeos.

Tabela 9: Valores médios de proteína bruta (PB), estrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e lignina (LIG) da silagem de milho colhida em diferentes alturas de colheita.

Altura de colheita (cm)	Teores médios na silagem (% na MS)							
	PB ^a	EE ^b	CNF ^c	FDN ^d	HEM ^e	FDA ^f	CEL ^g	LIG ^h
20	6,38	3,60	45,95	41,08	21,77	19,31	13,93	5,38
40	6,52	3,90	45,87	40,84	21,19	19,65	15,03	4,62
60	7,11	4,01	52,52	33,66	15,31	18,35	15,99	2,36
80	7,32	4,49	55,59	29,92	13,81	16,11	14,09	2,02
100	7,31	4,77	57,69	27,57	12,15	15,41	13,78	1,63
Média	6,93	4,16	51,53	34,61	16,85	17,77	14,56	3,20

^a $y = 6,1330 + 0,0133x$ (CV: 3,48%; R^2 : 0,7239 $P=0,0001$), onde x representa altura de colheita variando de 20 a 100 cm.

^b $y = 3,2810 + 0,0146x$ (CV: 8,26%; R^2 : 0,6102; $P=0,0001$)

^c $y = 41,5628 + 0,1660x$ (CV: 6,47%; R^2 : 0,6829; $P=0,0001$)

^d $y = 45,9984 - 0,1898x$ (CV: 8,91%; R^2 : 0,7671; $P=0,0001$)

^e $y = 24,8342 - 0,1331x$ (CV: 13,62%; R^2 : 0,7453; $P=0,0001$)

^f $y = 21,1642 - 0,05663x$ (CV: 9,56%; R^2 : 0,4917; $P=0,0001$)

^g Não significativo (CV: 15,08%; $P=0,3012$)

^h $y = 6,2304 - 0,0505x$ (CV: 45,10%; R^2 : 0,5149; $P=0,0001$)

Os carboidratos não fibrosos (CNF) aumentaram em função da altura de colheita (Tabelas 9). Esta fração é representada por mono e dissacarídeos, amido e fibra solúvel. Os CNF apresentaram um aumento de 1,7 pontos percentuais a cada 10 cm de aumento na altura de colheita, valores mais altos que encontrados por Pedó et al. (2009), 0,7 pontos percentuais a cada 10 cm de aumento. Os valores médios de CNF (34,4%) para 29 silagens de milho, citados por Valadares Filho et al. (2006), são 25% menores que o corte mais baixo (20 cm) apresentados no presente trabalho.

Considerando-se as Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos, publicadas por Valadares Filho et al. (2006) como referência nacional, uma vez que reúne dados de todas as regiões do país, fica evidente a excelente qualidade das silagens de milho geradas neste experimento, com valores baixos de FDN. Estes autores relatam valores de FDN de 51,8% da MS (247 amostras). Portanto, mesmo a silagem colhida a 20 cm, que apresentou maior teor de FDN, contém 10,7 pontos percentuais a menos que a reportada por Valadares Filho et al. (2006).

Os parâmetros FDN, FDA e HEM (Tabela 9) apresentaram efeito linear decrescente ($P<0,01$) em relação ao aumento na altura de colheita das plantas de milho com redução de 1,9; 0,6 e 1,3 pontos percentuais para cada 10 cm na elevação da altura de colheita. Ao

comparar 5 alturas de colheita (20, 45, 70 e 95 cm), Pedó et al. (2009) encontraram redução linear menor de FDN com 0,8 pontos percentuais e valor similar de FDA com 0,7 pontos percentuais a cada 10 cm na elevação da altura de colheita. Já Restle et al. (2002a) observou redução de 13,24% no teor de FDN (corte a 20 e a 42 cm de altura), valores maiores aos encontrados no presente trabalho.

Oliveira et al. (2011), elevando a altura de colheita de 15 para 35 cm, obtiveram redução de 8,7% no teor de FDN e 4,9% no teor de FDA, respectivamente, valores similares aos encontrados por Kung Jr et al. (2008) que observaram redução de 8 e 9% para FDN e FDA (de 12,5 para 47,5 cm de altura). Já Restle et al. (2002b) em estudos com sorgo, constataram que a elevação da altura de colheita de 14 para 45 cm alterou a qualidade da fração fibrosa da silagem, proporcionando uma redução de 18,51 e 10,41% nos teores de FDN e FDA.

A lignina é um dos principais fatores que limita a degradabilidade da parede celular (VAN SOEST, 1994), refletindo-se em maior tempo para esvaziamento do rúmen, que repercute em menor consumo. No presente trabalho a lignina apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,01$) com redução de 8,8% a cada 10 cm na elevação da altura de colheita, totalizando uma redução de 70% de uma altura de colheita de 20 para 100 cm. Pedó et al. (2009) em colheita de 20 para 95cm obtiveram uma redução de 38,5%, Oliveira et al. (2011) obtiveram redução de 5,5% (alturas de 35 para 55 cm) e Kung Jr et al. (2008) observaram redução de 13% (de 12,5 para 47,5 cm de altura) e com isso melhora na qualidade da silagem.

O comportamento de aumento de CNF e redução de componentes fibrosos deve-se ao aumento na concentração de grãos na silagem com a elevação na altura de colheita. Como consequência os índices de NDT, CMSE e VRA tiveram efeito linear crescente enquanto que a MM, Ca e Mg foram decrescendo linearmente (Tabela 10). O NDT da silagem aumentou 3,7% (74 para 77%) subindo o corte de 20 para 100 cm. O CMSE teve um incremento médio de 7% a cada 10 cm na elevação da altura de colheita enquanto que o VRA aumentou em 12,9 a cada 10 cm de aumento da altura de colheita. Oliveira et al. (2011) também observaram um aumento de 6,7% no NDT com a elevação da altura de colheita de 15 para 55 cm.

Entre a silagem colhida a 20 e a 100 cm, o teor de MM passou de 2,99 para 2,67%, o Ca de 0,11 para 0,08% e o Mg de 0,17 para 0,14% na matéria seca.

Tabela 10: Valores médios de nutrientes digestíveis totais (NDT), consumo de matéria seca estimado (CMSE), valor relativo do alimento (VRA), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) e potássio (K) da silagem de milho colhida em diferentes alturas de colheita.

Composição nutricional da silagem								
Altura de colheita (cm)	^a NDT, %	^b CMSE, % PV	^c VRA, Índice	^d MM, % na MS	^e Ca, % na MS	^f P, % na MS	^g Mg, % na MS	^h K, % na MS
20	74,33	2,92	167,26	2,99	0,11	0,16	0,17	0,63
40	74,08	2,94	167,99	2,86	0,11	0,15	0,18	0,61
60	75,00	3,62	209,59	2,70	0,11	0,16	0,17	0,60
80	76,56	4,06	240,62	2,68	0,09	0,16	0,14	0,63
100	77,05	4,37	260,87	2,67	0,08	0,16	0,14	0,59
Média	75,40	3,58	209,27	2,78	0,10	0,16	0,16	0,61

^a $y = 73,027 + 0,0396x$ (CV: 1,57%; R^2 : 0,4915 $P=0,0001$), onde x representa altura de colheita variando de 20 a 100 cm.

^b $y = 2,3780 + 0,0201x$ (CV: 9,74%; R^2 : 0,7422; $P=0,0001$)

^c $y = 131,33 + 1,2989x$ (CV: 11,26%; R^2 : 0,7252; $P=0,0001$)

^d $y = 3,0248 - 0,0041x$ (CV: 9,21%; R^2 : 0,1824; $P=0,0332$)

^e $y = 0,1254 - 0,0004x$ (CV: 14,65%; R^2 : 0,4010; $P=0,0007$)

^f Não significativo (CV: 6,83%; $P=0,5169$)

^g $y = 0,1969 - 0,0006x$ (CV: 11,09%; R^2 : 0,5094; $P=0,0001$)

^h Não significativo (CV: 6,88%; $P=0,2000$)

Na Tabela 11 encontram-se os dados referentes ao balanço de nutrientes no solo após o cultivo de milho para diferentes alturas de colheita. As adubações realizadas na cultura forneceram ao solo 215 kg ha⁻¹ de N, 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 75 kg ha⁻¹ de K₂O e foram iguais para todos os tratamentos.

A extração pela fitomassa foi constante ($P>0,05$) para as cinco alturas de colheita e para todos os nutrientes, apresentando extrações médias decrescentes de $N > K_2O > P_2O_5 > MgO > CaO$, de 204,77; 191,23; 54,76; 46,84 e 27,72 kg ha⁻¹, respectivamente. Valores similares foram encontrados por Ueno et al. (2013) em trabalho com exportação de macro nutrientes com o híbrido simples (SG 6010) e com produção de 17.613 t MS ha⁻¹, com exportação de 241,31 kg ha⁻¹ de N; 170,39 kg ha⁻¹ de K₂O; 96,50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 63,74 kg ha⁻¹ de MgO e 48,47 kg ha⁻¹ de CaO.

Tabela 11: Balanço de nutrientes da produção após o cultivo do milho para silagem em diferentes alturas de colheita.

Parâmetro	Altura de colheita (cm)					Equação de regressão *
	20	40	60	80	100	
	Nutrientes (kg ha ⁻¹)					
N						
Fornecido (F)	215,0	215,0	215,0	215,0	215,0	
Exportação (E)	200,9	196,5	185,0	181,7	172,8	y = 208,7 - 0,355x (CV: 9,7%; R ² : 0,25; P=0,0108)
Balanço (B=F-E)	+14,1	+18,5	+30,0	+33,3	+42,2	y = 6,3 + 0,355x (CV: 65,6%; R ² : 0,25; P=0,0108)
Remanesiência (R)	3,1	8,9	16,0	23,0	36,0	y = - 6,6 + 0,399x (CV: 20,6%; R ² : 0,92; P=0,0001)
Saldo solo (S=B-R)	+11,0	+9,6	+14,0	+10,3	+6,2	Ns
P ₂ O ₅						
Fornecido (F)	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	
Exportação (E)	55,0	56,8	53,4	48,7	46,0	y = 59,8 - 0,131x (CV: 14,7%; R ² : 0,20; P=0,0234)
Balanço (S+R)	+20,0	+18,2	+21,6	+26,3	+29,0	y = 15,2 + 0,131x (CV: 33,1%; R ² : 0,20 ; P=0,0234)
Remanesiência (R)	0,5	1,3	2,3	3,9	5,9	y = - 1,2 + 0,067x (CV: 28,6%; R ² : 0,86; P=0,0001)
Saldo (S=F-B)	+19,5	+16,9	+19,3	+22,4	+23,1	Ns
K ₂ O						
Fornecido (F)	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	
Exportação (E)	185,5	166,0	139,7	122,2	112,7	y = 202,1 - 0,947x (CV: 17,1%; R ² : 0,56; P=0,0001)
Balanço (B=F-E)	-110,5	-91,0	-64,7	-47,2	-37,7	y = -127,1 + 0,95x (CV: 35,4%; R ² : 0,56; P=0,0001)
Remanesiência (R)	13,4	24,8	43,5	68,2	80,2	y = - 7,1 + 0,885x (CV: 22,4%; R ² : 0,87; P=0,0001)
Saldo solo (S=B-R)	-123,9	-115,8	-108,2	-115,4	-118	Ns
CaO						
Exportação (E)	23,1	21,5	19,4	18,2	15,8	y = 24,9 - 0,089x (CV: 12,4%; R ² : 0,54; P=0,0001)
Remanesiência (R)	1,5	4,7	8,1	9,5	17,0	y = - 2,6 + 0,179x (CV: 30,7%; R ² : 0,82; P=0,0001)
Balanço (B=F-E)	-23,1	-21,5	-19,4	-18,2	-15,8	y = - 24,9 + 0,09x (CV: 12,4%; R ² : 0,54; P=0,0001)
Saldo solo (S=B-R)	-24,6	-26,1	-27,4	-27,7	-32,8	y = - 22,4 - 0,09x (CV: 12,2%; R ² : 0,38; P=0,0011)
MgO						
Exportação (E)	40,5	40,0	36,8	33,3	31,7	y = 43,8 - 0,122x (CV: 10,5%; R ² : 0,47; P=0,0002)
Remanesiência (R)	3,7	7,3	10,2	11,6	19,1	y = - 0,1 + 0,175x (CV: 25,7%; R ² : 0,79; P=0,0001)
Balanço (B=F-E)	-40,5	-40,0	-36,8	-33,3	-31,7	y = - 43,8 + 0,12x (CV: 10,5%; R ² : 0,47; P=0,0002)
Saldo solo (S=B-R)	-44,2	-47,3	-47,0	-44,9	-50,8	Ns

* x representa altura de colheita variando de 20 a 100 cm.

Considerando os valores de fornecimento via adubação da cultura (Tabela 11), o cultivo para silagem gerou saldo negativo no solo de 116,23 kg ha⁻¹ de K₂O, 27,72 kg ha⁻¹ de CaO e 46,84 kg ha⁻¹ de MgO. Contudo, os nutrientes que ficaram com saldo positivo no solo foram o N com 10,23 kg ha⁻¹ e o P₂O₅ com 20,24 kg ha⁻¹ para a média entre os tratamentos.

A exportação pela fitomassa corresponde à parte que foi efetivamente retirada da gleba, desconsiderando a fitomassa remanescente. Nesta exportação observou-se efeito linear decrescente para todos os nutrientes medidos neste trabalho. A cada 10 cm na elevação de colheita, observou-se uma redução na exportação de 3,6 kg ha⁻¹ de N; 1,3 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 9,5 kg ha⁻¹ de K₂O; 0,9 kg ha⁻¹ de CaO; e 1,2 kg ha⁻¹ de MgO.

O desbalanço causado pela extração de nutrientes pela fitomassa foi amenizado pela reciclagem dos nutrientes através da reposição da fitomassa remanescente ao solo. Nesta reciclagem, observou-se efeito linear crescente para todos os nutrientes medidos neste trabalho. Os nutrientes de maior reposição, através da fitomassa remanescente, em ordem decrescente foram: K₂O > N > CaO > MgO > P₂O₅. A cada 10 cm na elevação de colheita observou-se um aumento na reposição ao solo de 8,9 kg ha⁻¹ de K₂O; 3,9 kg ha⁻¹ de N; 1,8 kg ha⁻¹ de CaO; 1,8 kg ha⁻¹ de MgO; e 0,7 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Após a reposição da fitomassa via fitomassa remanescente, obteve-se o balanço final dos nutrientes no solo. Conforme se elevou a altura de colheita, maior a quantidade de nutrientes que permaneceu no solo com efeito linear crescente na grandeza inversa à da exportação pela fitomassa. A cada 10 cm na elevação de colheita observou-se um balanço final no solo de 3,6 kg ha⁻¹ de N; 1,3 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 9,5 kg ha⁻¹ de K₂O; 0,9 kg ha⁻¹ de CaO; e 1,2 kg ha⁻¹ de MgO. Mesmo com o corte mais alto (100 cm), a incorporação de nutrientes via fitomassa remanescente não foi suficiente para equilibrar o K₂O, CaO e MgO do solo, ficando valores negativos de 37,69; 15,8 e 31,7 kg ha⁻¹, respectivamente. Enquanto que o N e o P ficaram positivos em 42,21 e 29,00 kg ha⁻¹ de N e P₂O₅, respectivamente.

A extração de nutrientes do solo depende do rendimento de fitomassa obtido e acúmulo de nutrientes nos componentes estruturais. É necessário disponibilizar as plantas a quantidade de nutrientes que estas têm capacidade e necessidade de extrair, no entanto, estes nutrientes disponíveis devem ser repostos pelas adubações orgânicas ou minerais de acordo com o saldo entre a exportação da fitomassa e reposição via fitomassa remanescente. Sendo assim, de acordo com a altura de colheita da silagem é necessário realizar uma adubação diferenciada. Neste trabalho com um corte a 20 cm de altura do híbrido (P30F53HRR) com população de 68.854 pl ha⁻¹ e exportação de 15.979 kg ha⁻¹ de MS, seriam necessários 200, 55 e 185 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e a cada 10 cm de elevação na altura de colheita, essa necessidade reduziria em 4; 1 e 10 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

As recomendações oficiais de adubação para a cultura do milho no Brasil são

realizadas por meio de doses de nutrientes baseadas na produtividade esperada e tipo de exploração, entretanto, essas recomendações apresentadas na forma de tabelas condizem a valores médios para um sistema radicular explorando um volume pré-determinado de solo, consistindo de um procedimento generalista que necessita ser ajustado a cada caso (VON PINHO et al., 2009).

Para a reposição e equilíbrio dos nutrientes no solo e tendo em vista a exigência de nutrientes de cada cultura, a reposição de Ca e Mg pode ser alcançada pela calagem ou pela aplicação de gesso que além de fornecer Ca, fornece também enxofre (S). O S não foi mensurado neste trabalho porém possui grande importância para as plantas. A reposição de N, P e K são geralmente efetuadas no momento do plantio com os adubos formulados ou em separado pela fosfatagem, cloreto de potássio ou pela uréia. Outras fontes podem ser utilizadas como os adubos verdes e os esterco animais.

Na Tabela 12 é apresentada uma análise econômica dos custos de produção, com e sem retorno de nutrientes via fitomassa remanescente, da silagem de milho em diferentes alturas de colheita e uma simulação de produção de leite por tonelada de silagem e por hectare.

Na análise de custos da lavoura (Tabela 12), obteve-se um custo para a confecção da silagem de 2.953,69 R\$ ha⁻¹. Foi realizada uma simulação de reposição dos nutrientes via fitomassa remanescente para incorporar às receitas de produção, de forma que na produção de silagem foram somados os valores referentes à uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Sendo assim, o custo de produção da silagem corrigido para a reposição dos nutrientes diminui linearmente 34,68 R\$ ha⁻¹ a cada 10 cm na elevação da altura de colheita.

O custo por hectare foi transformado em custo por tonelada de matéria seca e obteve-se um aumento linear de 4,87 R\$ t⁻¹ de MS a cada de 10 de elevação na altura de colheita sem considerar a reposição de nutrientes via fitomassa remanescente. Considerando a reposição dos colmos este custo aumenta linearmente 2,21 R\$ t⁻¹ a cada 10 cm na elevação da altura de colheita.

Na análise econômica de produção de leite por tonelada de MS, observou-se que quanto maior a altura de colheita do milho para silagem, maior a produção de leite. Obteve-se um aumento linear de 17,79 kg de leite t⁻¹ de MS a cada 10 cm na elevação da altura de colheita. A maior produção justifica-se pela melhor qualidade nutricional da silagem com o aumento da altura de colheita. Porém, a estimativa de produções de leite por hectare

apresentou uma equação quadrática onde a maior produção de leite por hectare foi observada com a silagem colhida a 46,5 cm de altura.

Tabela 12: Análise econômica do cultivo do milho para produção de silagem, contabilizando a remanescência de nutrientes ao solo via fitomassa remanescente além dos fornecidos pela adubação e estimativa de produção de leite por tonelada de MS e por hectare.

Componentes do custo	Altura de colheita (cm)				
	20	40	60	80	100
Investimento (plantio a colheita)	(R\$ ha ⁻¹)				
Custo Total de produção sem remanescência	2.953,69	2.953,69	2.953,69	2.953,69	2.953,69
Fitomassa remanescente	(R\$ ha ⁻¹)				
Remanescência de N (eq. uréia)	8,53	24,83	44,36	63,77	100,00
Remanescência de P ₂ O ₅ (eq. superfosfato simples)	2,66	6,37	11,47	19,68	29,83
Remanescência de K ₂ O (eq. cloreto de potássio)	30,56	56,69	99,33	155,75	183,06
Remanescência Total NPK	41,75	87,89	155,16	239,20	312,89
Custo total com remanescência ^a	2.911,94	2.865,80	2.798,53	2.714,49	2.640,80
Parâmetros produtivos de lavoura	(kg ha ⁻¹)				
Produção de fitomassa seca	15.979	15.719	15.205	14.589	13.157
Estimativa de produção de leite ^b	24.224	25.077	24.280	24.265	21.807
Custos total de lavoura	(R\$ t ⁻¹ de MS)				
Custo sem remanescência de colmos ^c	185,03	189,04	196,55	204,93	225,83
Custo total com remanescência de colmos ^d	182,41	183,49	186,16	188,55	202,05
Estimativa de produção de leite	(kg t ⁻¹ de MS)				
Produção de leite ^e	1.516	1.593	1.599	1.665	1.670

^a $y = 2994,392 - 3,4680x$ (CV: 1,16%; R²: 0,9085 P=0,0001), onde x representa altura de colheita variando de 20 a 100 cm.

^b $y = 22704,000 + 96,9168x - 1,0428x^2$ (CV: 9,83%; R²: 0,1875 P=0,1018)

^c $y = 171,036 + 0,4873x$ (CV: 9,33%; R²: 0,3715 P=0,0012)

^d $y = 175,231 + 0,2217x$ (CV: 9,65%; R²: 0,1142 P=0,0985)

^e $y = 1499,500 + 1,7790x$ (CV: 4,18%; R²: 0,3784 P=0,0011)

Resultados similares foram encontrados por Caetano et al. (2012), em trabalho com bovinos de leite, onde a conversão de silagem em leite tendeu a ser maior (P<0,08) para silagem produzida com corte a 30,5 cm quando comparada com aquela colhida a 10,2 cm. Nylon e Kung Junior (2003), com a elevação na altura de colheita de 12,7 cm para 45,7 cm observaram aumento da produtividade de leite por tonelada de silagem (1.625 kg/t vs 1.723 kg/t), porém a produtividade de leite por hectare não foi afetada (P<0,05) pela maior altura de colheita.

Oliveira et al. (2011) verificou efeito da altura de colheita sobre a eficiência alimentar, sendo maior quando o corte foi realizado a 55 cm de altura. Na média de híbridos e alturas de colheita, a produtividade foi estimada em 1.303 kg leite/t silagem, com base na MS. Com

isso, a produtividade de leite em kg/ha (17.956, 16.819, 17.791) foi semelhante nas três alturas de colheita (15, 35 e 55 cm, respectivamente).

Já as pesquisas realizadas por Lauer (1998) mostraram que quando a altura de colheita foi elevada de 15 para 45 cm, a produção estimada de leite por tonelada de silagem aumentou aproximadamente 12%, no entanto, houve redução de 3% na produção de leite por área, devido à menor produção de fitomassa por área.

Para rebanhos de alta produção e que não possuem restrição de alimentos fibrosos recomenda-se, com base nos resultados apresentados anteriormente, a colheita da silagem acima de 45 cm. Porém para rebanhos de média a baixa produção, onde existe restrição de alimentos, recomenda-se realizar a colheita tradicional a 20 cm do solo.

4.4 Conclusões

Com a elevação da altura de colheita, reduziu-se quantitativamente a produção de fitomassa ensilável por área e melhorou a qualidade da silagem devido aos menores teores de fibra em detergente neutro e ácido, representando uma maior capacidade de ingestão de matéria seca pelos animais, determinando um maior valor relativo do alimento. A altura estimada de colheita de 46,5 cm do milho correspondeu à maior produção de litros de leite por hectare.

Ocorreu menor exportação de nutrientes do solo, com a elevação da altura de colheita, devido a reciclagem de nutrientes promovida pela fitomassa remanescente reintegrados ao solo.

4.5 Referências Bibliográficas

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C. 1995. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington, D.C.: AOAC, 1995. 2000p.

BOLSEN, K.K. Silage Technology. In: AUSTRALIAN MAIZE CONFERENCE, 2., 1996, Queensland. **Proceedings...** Queensland: Gatton College, 1996. p.1-30.

CAETANO, H.; OLIVEIRA, M.D.S.; FREITAS JÚNIOR, J.E.; RÊGO, A.C.; CARVALHO, M.V.; RENNÓ, F.P. Bromatological evaluation of eleven corn cultivars harvested at two cutting heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.41, n.1, p.11-17, 2012.

CASTAÑEDA, F.G.; RAMOS, A.P.; HERNÁNDEZ, G.N. Efecto de la densidad y altura de

colheita in el rendimiento y calidad del forraje de maíz. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v.28, n.4, p.393-397, 2005.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Custo de produção – Culturas de Verão: Milho – Plantio direto – Alta tecnologia**. Brasília: CONAB, 2013a. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1276&ordem=titulo&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 01/04/2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Produtos e serviços – Indicadores da agropecuária: Preços dos insumos agropecuários**. Brasília: CONAB, 2013b. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/detalhe.php?a=1303&t=2>>. Acesso em: 01/04/2014.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Produção de Leite (Zona da Mata Atlântica) – Coeficiente Técnico: Custo de produção de silagem de milho**. Juiz de Fora: Embrapa gado de leite, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteZonadaMataAtlantica/custos/cpsilagemilho.html>>. Acesso em: 01/04/2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis: apparatus reagents, procedures and some applications. Washington, D. C, [s.n.], **Agricultural Handbook**, p.379, 1970.

IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Versão 1.0. 2000. (formato digital, 1 CD).

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**, Newark, v.91 p.1451-1457, 2008.

LAUER, J. **Corn silage cutting height**. University of Wisconsin-Extension, 1998. Disponível em: http://www.uwex.edu/ces/forage/wfc/proceedings2001/corn_silage_cutting_height.htm. Acesso em: 30/01/2014.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

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

MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its uses in feed evaluation and ration

formulation. In: TEIXEIRA, J.C.; NEIVA, R.S. (Eds). **Simpósio Internacional de Ruminantes**, 1992, **Anais...** Lavras: SBZ, 1992, p.01-32.

NEUMANN, M. **Caracterização agrônômica quantitativa e qualitativa da planta, qualidade de silagem e análise econômica em sistema de terminação de novilhos confinados com silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench)**. 2001. 208f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P.R.; RESTLE, J.; OST, P.R.; LUSTOSA, S.B.C.; FALBO, M.K. Ensilagem de milho (*Zea mays* L.) em diferentes alturas de colheita e tamanho de partículas: produção, composição e utilização na terminação de bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.6, n.3, p.379-397, 2007.

NEYLON, J.M.; KUNG JUNIOR, L. Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Newark, v.86, n.6, p.2163-2169, 2003.

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, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001a. p.127-145.

NUSSIO, L.G.; ZOPOLLATO, M.; MOURA, J.C. Metodologia de avaliação e aditivos. WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2. 2001, [Piracicaba, SP]. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001b. p.1-127.

OLIVEIRA, F.C.L. **Produtividade e valor nutritivo das silagens e composição mineral da forragem remanescente e híbridos de milho colhidos em diferentes alturas**. 2009. 43f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

OLIVEIRA, F.C.L.; JOBIM, C.J.; SIMILI, M.S.; CALIXTO JUNIOR, M.; BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; ROMAN, J. Produtividade e valor nutricional da silagem de híbridos de milho em diferentes alturas de colheita. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.4, p.720-727, 2011.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. Manual de análise química de solo e controle de qualidade. Londrina: IAPAR, 1992. 40 p. (IAPAR. Circular 76).

PAZIANI, S.F.; DUARTE, A.P.; NUSSIO, L.G.; GALLO, P.B.; BITTAR, C.M.M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P.C. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.411-417, 2009.

PEDÓ, L.F.B.; NÖRNBERG, J.L.; VELHO, J.P.; HENTZ, F.; HENN, J.D.; BARCELLOS, J.O.J.; VELHO, I.M.P.H.; MARX, F.R. Fracionamento de carboidratos de silagens de milho safrinha colhidos em diferentes alturas de colheita. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.1, p.188-194, 2009.

RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; BERNARDES, R.A.C.; ARBOITTE, M.Z.; ROSA, J.R.P. Manipulação do corte do sorgo (*Sorghumbicolor*, L. Moench) para confecção de silagem, visando a produção do novilho superprecoce. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.31, n.3, p.1481-1490, 2002a.

RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L.; PASCOAL, L.L.; SILVA, J.H.S.; PELLEGRINI, L.G.; SOUZA, A.N.M. Manipulação da altura de colheita da planta de milho (*Zea mays*, L.) para ensilagem, visando a produção do superprecoce. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.31, n.3, p.1235-1244, 2002b.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT user's Guide: statistics, version 6. 4.ed. North Caroline, 1993. v.2, 943p.

SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. Pesquisa de preços pagos pelos produtores. Curitiba: Departamento de Economia Rural – DERAL, 2013. Disponível em : < <http://www.agricultura.pr.gov.br/>>. Acesso em: 03/04/2014.

SHAVER, R.D.; LAUER, J.G.; COORS, J.G.; HOFFMAN, P.C. MILK2006 Corn Silage: Calculates TDN-1x, NEL-3x, Milk per ton, and Milk per acre. University of Wisconsin-Extension, 2006. Disponível em: <http://www.uwex.edu/ces/dairynutrition/spreadsheets.cfm>. Acesso em: 30/05/2014.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análise de Alimentos, métodos químicos e biológicos. 3^a. ed. - 4^a reimpressão. Universidade Federal de Viçosa, 2009, 235p.

TEDESCO, M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C.A., BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995, 174p. (Boletim técnico, n.5).

UENO, R.K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; REINEHR, L.L.; POCZYNEK, M.; MICHALOVICZ, L. Exportação de macronutrientes do solo em área cultivada com milho para alimentação de bovinos confinados. **Semina**, Londrina, v.34, n.6, p.3001-3018, 2013.

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JR., V.R.; CAPPELLE, E.R. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 329p.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition, *Journal of dairy Science*, Champaign, 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 colheita das plantas na produtividade de matéria seca e em características bromatológicas de forragem de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.6, p.1139 - 1145, 2005.

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.

5. CAPÍTULO 2 – BALANÇO DE NUTRIENTES NO SISTEMA E DESEMPENHO DE BORREGOS EM CONFINAMENTO ALIMENTADOS COM CONCENTRADO E SILAGENS DE MILHO COLHIDAS EM DUAS ALTURAS DE COLHEITA

RESUMO

O experimento foi conduzido no campo experimental do campus Cedeteg da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO), com o objetivo de avaliar o efeito das alturas de colheita das plantas de milho a 20 cm ou 80 cm sobre os parâmetros agronômicos da planta, valor nutricional da silagem, balanço de nutrientes no solo e desempenho de borregos em confinamento. O sistema de colheita à altura de 80 cm propiciou um aumento de 7,5 % de MS na fitomassa ensilável e um decréscimo de 14% na produção de fitomassa seca ensilável em relação à altura de 20 cm. A participação percentual de grãos na estrutura da planta de milho cresceu 11% com a elevação da altura de colheita de 20 para 80 cm. Os teores de fibra em detergente ácido e lignina da fitomassa remanescente cortados a 20 e a 80 cm de altura obtiveram uma redução de 4,1% e 29%, respectivamente. A extração mineral pela fitomassa ensilável reduziu em 25%, sendo 40 kg ha⁻¹ de K (150 contra 110 kg ha⁻¹), 30 kg ha⁻¹ de N (241 contra 211 kg ha⁻¹), e 6 kg ha⁻¹ de Ca (21 contra 15 kg ha⁻¹). Já na silagem colhida a 80 cm de altura, o teor de CNF aumentou em 13 % e em contra partida a fibra em detergente neutro e a fibra em detergente ácido reduziram 7,2 % e 8,6 %, respectivamente, e como consequência observou-se aumento de 19 % no teor de NDT (71,74 para 73,12 %) e 9,8% no valor relativo do alimento. A elevação de altura de colheita do milho para silagem, não afetou as variáveis relativas ao consumo de MS e ao ganho de peso, porém a digestibilidade aparente da matéria seca, o rendimento de carcaça, conversão de carcaça e eficiência de transformação em carcaça aumentaram nos animais alimentados com silagem colhida a 80 cm, utilizando-se dieta com relação volumoso:concentrado de 50:50. A reposição de nutrientes pela incorporação da fitomassa remanescente e pelo esterco gerado pelos borregos confinados apresentou capacidade de manter a sustentabilidade de nutrientes no solo e, ainda, podendo contribuir com o enriquecimento da fertilidade e reduzir os custos com fertilizantes minerais nos cultivos sucessivos.

Palavras-chave: esterco ovino, produção de fitomassa seca, valor relativo da forragem, teor de macro nutrientes e extração de nutrientes.

EFFECT OF CUTTING HEIGHT ON THE NUTRITIVE VALUE OF CORN SILAGE, BALANCE OF NUTRIENTS IN SOIL AND PERFORMANCE OF FINISHING LAMBS

ABSTRACT

The experiment was conducted at the experimental field of the Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO), with the objective of evaluating the effect of heights harvesting of corn plants to 20 cm or 80 cm on agronomic parameters plant, nutritional value of silage, soil nutrient balance and performance of feedlot lambs. The harvesting system at the height of 80 cm provided an increase of 7.5% DM in silage biomass and a decrease of 14% in dry matter production silage relative to the height of 20 cm. The percentage share of grains in the structure of the corn plant compounded by 11% with increasing cutting height from 20 to 80 cm. The levels of acid detergent fiber and lignin of the remaining stems cut to 20 cm in height and 80 achieved a reduction of 4.1% and 29%, respectively. Mineral extraction by silage biomass decreased by 25%, and 40 kg ha⁻¹ K (150 to 110 kg ha⁻¹), 30 kg ha⁻¹ N (241 compared with 211 kg ha⁻¹), and 6 kg ha⁻¹ Ca (21 versus 15 kg ha⁻¹). Since the silage cut to 80 cm height, content of CNF grew by 13% and matched against neutral detergent fiber, acid detergent fiber and reduced by 7.2% and 8.6%, respectively, and as a result it was observed 19% increase in TDN content (71.74 to 73.12%) and 9.8% in the relative value of the food. The increase cutting height of corn silage did not affect the variables related to animal performance, but the apparent digestibility of dry matter increased by 7% and carcass yield increased by 4.9% in animals fed silage cut at 80 cm, using diet forage: concentrate ratio of 50:50. The replenishment of nutrients by incorporating the remaining stalks and the manure generated by confined lambs showed ability to maintain the sustainability of soil nutrients and also may contribute to the enrichment of fertility and reduce the costs of mineral fertilizers in successive crops.

Keywords: sheep manure, dry matter yield, relative value of the forage content of macronutrients and nutrient uptake.

5.1 Introdução

O milho pode ser ensilado de várias maneiras diferentes, dentre elas: silagem da planta inteira e a silagem da parte superior, como alimentos volumosos, e a silagem de espigas e de grãos úmidos, como alimentos energéticos. A silagem da parte superior das plantas de milho pode ser uma opção, sendo obtida mantendo-se a ensiladeira mais próxima da espiga, recolhendo-se a parte superior da planta, garantindo uma silagem com alta participação de grãos na matéria seca (MS), com fibra mais digestível e maior conteúdo energético.

Von Pinho et al. (2006) observaram que a elevação da altura de colheita de 10 cm para 50 cm proporcionou uma redução de 8% no teor de fibra em detergente ácido (FDA) do material colhido. Caetano (2001), trabalhando com milho para silagem, também verificou que, elevando a altura de colheita no momento da colheita, os percentuais de grãos na MS das silagens aumentaram e os percentuais de FDA diminuíram. Isto pode ser explicado pela redução da participação da fração vegetativa e pelo aumento da proporção de grãos na MS das plantas colhidas na maior altura de colheita.

Wu & Roth (2005), revisando 11 estudos sobre manejo da altura de colheita (de 15 cm para 45 cm), encontraram aumento nos teores de matéria seca, proteína bruta e amido e redução nos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e FDA, com melhoria de 4,7 e 5% na digestibilidade da MS e FDN, respectivamente e observaram aumento de leite produzido por tonelada de silagem. Kung Junior et al. (2008) também encontraram aumento na concentração de alguns nutrientes (PB, amido e energia), mas a elevação da altura de colheita (de 15 cm para 50 cm) não alterou a digestibilidade da FDN. Já Bernard et al. (2004), ao elevar de 10 cm para 30 cm a altura de colheita do milho, não obtiveram aumento na qualidade da silagem ou na produção animal.

O sistema de criação de animais em confinamento gera grande quantidade de dejetos. Ao fazer uso de práticas de adubação com materiais orgânicos como o esterco animal, além do fornecimento de nutrientes ao solo e plantas, é importante lembrar que em várias situações os resíduos orgânicos são encarados como problemas que infringem as leis ambientais. Portanto, o solo pode ser considerado uma opção de descarte destes resíduos, desde que aplicados em quantidades proporcionais à demanda de nutrientes das plantas (CQFS RS/SC, 2004).

O conhecimento da dinâmica dos nutrientes no solo a partir da superfície, onde os

fertilizantes são depositados, é fundamental para estabelecer ajustes na recomendação de adubos e corretivos. As maiores dúvidas, que geram insegurança quando da utilização de esterco na adubação, estão ligadas aos efeitos de longo prazo que venham a ocorrer na condição de não revolvimento do solo após o uso intensivo por vários anos de esterco. O melhor entendimento das modificações nos atributos químicos do solo, decorrentes do uso de esterco na adubação, pode fornecer subsídios para produção em bases sustentáveis, sem comprometer o ambiente (SCHERER et al., 2007).

Dentro deste contexto objetivou-se avaliar o efeito da altura de colheita do milho para silagem sobre a produção e composição da fitomassa ensilável e remanescente, assim como avaliar o balanço de nutrientes no solo e desempenho de borregos em confinamento.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Local experimental e dados meteorológicos

O experimento foi conduzido nas dependências do setor de ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), no município de Guarapuava – PR, situado na zona subtropical do Paraná (MAACK, 2002), sob as coordenadas geográficas 25°23'02" de latitude sul e 51°29'43" de longitude oeste e 1.026 m de altitude.

A área experimental possui histórico de rotação lavoura-pecuária e a cultura antecessora ao milho foi aveia e azevém em cobertura. O solo é classificado como Latossolo Bruno (EMBRAPA, 2006), e em ocasião antecipada ao plantio apresentou as características químicas (0 a 20 cm): pH CaCl₂ 0,01M: 4,5; P: 4,4 mg dm⁻³; K⁺: 0,5 cmolc dm⁻³; MO: 4,15%; Al³⁺: 0,15 cmolc dm⁻³; H⁺ + Al³⁺: 6,99 cmolc dm⁻³; Ca²⁺: 2,8 cmolc dm⁻³ e Mg²⁺: 2,2 cmolc dm⁻³, segundo metodologias analíticas descritas por Pavan et al. (1992).

O clima da região segundo a classificação de Köppen é o temperado de altitude – Cfb (Subtropical mesotérmico úmido), com verões amenos e inverno moderado, sem estação seca definida e com geadas severas. Caracterizado por temperatura média no mês mais quente inferior a 22°C e temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C. A precipitação média anual é de 1944 mm, temperatura média mínima anual de 12,7°C, temperatura média máxima anual de 23,5°C e umidade relativa do ar de 77,9% (IAPAR, 2000).

5.2.2 Tratamentos

O presente trabalho foi dividido em duas etapas, a Etapa 1 consta do cultivo da lavoura de milho, a qual foi submetida a duas alturas de colheita para produção de silagem. Na Etapa 2, avaliou-se o desempenho de cordeiros alimentados com a silagem oriunda dos tratamentos da Etapa 1.

Na Etapa 1, avaliou-se o comportamento agrônômico, valor nutricional, teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na planta e em seus constituintes. Também foi avaliado o fluxo de nutrientes do solo pela extração da planta de milho e pela deposição da fitomassa remanescente, em duas alturas de colheita com a finalidade de ensilagem. Os tratamentos foram os seguintes: T₁: milho cortado a 20 cm do solo e T₂: milho cortado a 80 cm do solo.

Na Etapa 2, os alimentos produzidos (silagem de planta inteira colhida a 20 cm e a 80 cm do solo) foram utilizados para compor a ração de borregos de colheita na fase de terminação em confinamento, seguindo as exigências nutricionais dos animais. Foram avaliados o consumo de matéria seca, o desempenho animal e a digestibilidade aparente, além das características da carcaça de borregos terminados em confinamento com dietas distintas: T₁ – animais tratados com silagem de milho colhida a 20 cm do solo + alimento concentrado balanceado, *ad libitum*; e T₂ – animais tratados com silagem de milho colhida a 80 cm do solo + alimento concentrado balanceado, *ad libitum*. A relação silagem:concentrado foi fixada em 50:50 na matéria seca (MS) para ambos os tratamentos.

5.2.3 Implantação e condução da cultura

As parcelas foram alocadas em uma área homogênea de solo, relevo e plantas. Como material experimental, utilizou-se o híbrido simples de milho P30F53HR (Pioneer®), de caráter granífero-silageiro, ciclo precoce e porte médio. A área semeada foi de 3.680 m², posteriormente subdividida em 10 parcelas com 20 linhas de cultivo de 23 m de comprimento cada, espaçadas a 0,8 m (entrelinhas), resultando em uma área por parcela de 368 m².

Antecipadamente à semeadura, a área foi dessecada com herbicida a base de *Glifosato* (produto comercial Roundup Original®: 3,0 L ha⁻¹), no manejo da cultura até 30 dias após a emergência das plantas foram aplicados herbicida a base de *Atrazina* (produto comercial

Atrazina Atanor[®]: 4,0 L ha⁻¹) + Soberan[®]: 240 ml ha⁻¹ e óleo mineral (produto comercial Assist[®]: 1,0 L ha⁻¹), e inseticida do grupo químico Piretróide (produto comercial Karate Zeon 50CS[®]: 150 mL ha⁻¹).

A semeadura do milho foi efetuada em cinco de dezembro de 2011, em sistema de plantio direto, profundidade de semeadura de 4 cm e distribuição de 6 sementes por metro linear visando obter população final de 70.000 plantas ha⁻¹. Juntamente a semeadura foi realizada a adubação de base com 300 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 05-25-25 (N-P₂O₅-K₂O) e adubação de cobertura com 200 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia (45-00-00) quando as plantas apresentaram quatro folhas totalmente expandidas.

5.2.4 Avaliação da Lavoura

A coleta dos dados fitométricos das plantas de milho foi efetuada no estágio fenológico de grão farináceo a duro (R5), aos 136 dias após a emergência das plantas. Na avaliação procedeu-se a colheita das plantas contidas na área útil de cada parcela, colhidas manualmente rentes ao solo. Foi avaliada a altura de planta, altura da fitomassa ensilável, altura de inserção da espiga, diâmetro de colmo, número de folhas secas, peso da planta e peso da fitomassa remanescente. A altura de planta foi medida rente ao solo até a inserção da última folha e a altura de espiga até a inserção da primeira espiga. Para a obtenção da altura da fitomassa ensilável considerou-se a altura da planta menos a altura de colheita. O diâmetro do colmo foi medido no entre-nó da altura efetiva de colheita.

Também foi determinada a composição física estrutural da planta avaliando-se colmo, folhas, brácteas mais sabugo, grãos e fitomassa remanescente. As estruturas vegetais foram separadas manualmente e picadas com o auxílio de estiletes. Cada parte da planta foi acondicionada em pacote de papel e, na sequência, os pacotes foram levados à estufa de circulação forçada de ar a 55°C até atingir peso constante, para determinação do teor de MS parcial (AOAC, 1995).

Para a determinação da população de plantas por hectare, na ocasião da colheita (estádio R5) efetuou-se a contagem das plantas contidas em 5 metros lineares aleatórios de cada parcela, sendo considerada a média das parcelas. Portanto, as produções de fitomassa fresca e seca foram estimadas pela relação entre a população final (plantas ha⁻¹) e o peso médio por planta.

5.2.5 Processo de ensilagem

A colheita das parcelas (3.680 m²) para confecção das silagens ocorreu quando a lavoura encontrava-se em estágio fenológico de grão farináceo a duro (R5) aos 131 dias após a emergência das plantas. A forragem produzida foi colhida e processada com o auxílio de uma ensiladeira marca JF-Z10[®] regulada para picagem das plantas a um tamanho de partícula médio entre 1 e 2 cm.

As parcelas foram colhidas de acordo com seus tratamentos e o material original foi transportado e depositado em 2 silos do tipo “semi-trincheira” construídos em local previamente nivelado e bem drenado, com paredes de madeira, com as dimensões de 0,8 m de largura, 0,8 m de altura e 10 m de comprimento, onde procedeu-se a compactação da massa para a expulsão do oxigênio, e posteriormente os silos foram vedados e protegidos com lona de polietileno dupla face de 200 µ.

Durante o processo de ensilagem foram confeccionados 3 silos "bags" por parcela e dispostos na porção intermediária do perfil dos silos. A designação de "bag" refere-se a um saco de náilon maleável 100% poliamina, com poros de 85 micrômetros, dimensões de 12 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento, com capacidade média de 2 kg, com nível de compactação prévio aproximado de 350 kg por m³ de fitomassa fresca (material original) (Neumann et al., 2007).

Cada "bag" foi identificado, pesado individualmente vazio e novamente pesado após seu enchimento com o material original. A compactação ocorreu simultânea da silagem e dos silos “bag”, buscando a mesma compactação entre material original do "bag" e do silo.

No momento da inserção dos "bags" em cada um dos silos, paralelamente, foram coletadas amostras semelhantes (homogêneas e representativas) dos materiais originais para congelamento. Com a abertura dos silos, resgatou-se as amostras de silagens contidas em cada "bag", onde na forma "in natura", foi pesada e pré-secada em estufa de ar forçado a 55°C até atingir peso constante, sequencialmente, retirada da estufa e pesada novamente para determinação do teor de matéria parcialmente seca (SILVA e QUEIROZ, 2009). Os "bags" foram utilizados para realização das análises bromatológicas do material resultante da ensilagem.

5.2.6 Instalações e condução experimental com animais

O experimento teve duração de 56 dias, sendo 7 dias de adaptação dos animais às dietas e instalações experimentais e, sequencialmente, 3 períodos de 14 dias de avaliação.

As instalações foram constituídas de 8 baias cobertas para o confinamento dos animais, com uma área de 4 m² cada (2,0 m x 2,0 m), capacidade de 3 animais por baia, com um comedouro de madeira, medindo 1,00 m de comprimento, 0,40 m de largura e 0,30 m de altura, além de um bebedouro plástico.

Utilizou-se 24 cordeiros da raça Ile de France, provenientes do mesmo rebanho, com idade média de 3 meses e peso vivo médio inicial de 23,5 kg com desvio padrão de 3 kg, vermifugados e equilibrados por peso e condição corporal para cada tratamento, onde cada três animais representaram uma unidade experimental.

O manejo alimentar foi realizado 2 vezes ao dia, às 6:00 e às 17:00 horas, e o consumo voluntário dos alimentos foi registrado diariamente através da pesagem da quantidade oferecida e das sobras do dia anterior. O ajuste no fornecimento da quantidade de alimentos foi realizado diariamente (*ad libitum*), considerando uma sobra de 5% da matéria seca oferecida em relação à consumida. Esta prática permitiu relação silagem:concentrado de 50:50 no período total de confinamento.

5.2.7 Análise e composição das dietas experimentais

As dietas foram formuladas de acordo com o NRC (1985) para atenderem às exigências de ganhos diários de 300 g de peso vivo. As dietas foram constituídas por 50% de silagem de planta inteira de milho (colhida a 20 cm ou 80 cm de altura) e 50% de concentrado.

A mistura para formular o componente concentrado da dieta foi elaborado na fábrica de rações da Cooperativa Agrária Agroindustrial, localizada no distrito de Entre Rios em Guarapuava - PR. Na preparação do alimento concentrado utilizaram-se os seguintes ingredientes: farelo de soja, casca de soja, farelo de trigo, radícula de malte, cevada, grãos de milho moídos, gérmen de milho, calcário calcítico, fosfato bicálcico, uréia pecuária, premix vitamínico e mineral, sal comum (0,5%) e monensina sódica (30 mg/Kg). O concentrado apresentou teores médios percentuais de 89,20% de MS, PB de 20,22%, EE de 4,04%, FDN de 30,45%, FDA de 15,04%, MM de 7,19%, Ca de 1,12%, P de 0,51%, K de 0,56%, e Mg de

0,27%, com base na matéria seca total.

As silagens de milho apresentaram teores médios percentuais de 33,92% de MS, PB de 7,43%, EE de 2,92%, NDT de 71,74%, FDN de 48,83%, FDA de 23,00%, CNF de 37,30%, MM de 3,52%, Ca de 0,12%, P de 0,14%, Mg de 0,15% e K de 0,80% quando colhida a 20 cm do solo e 35,97% de MS, PB de 6,95%, EE de 2,61%, NDT de 73,12%, FDN de 45,31%, FDA de 21,02%, CNF de 42,33%, MM de 2,80%, Ca de 0,09%, P de 0,14%, Mg de 0,14% e K de 0,67% quando colhida a 80 cm do solo, com base na matéria seca total.

Tabela 13: Teores médios de nutrientes na dieta de borregos terminados em confinamento alimentados com silagens de milho colhidas a 20 cm e 80 cm de altura.

Nutrientes	Tratamentos	
	Silagem de milho colhida a 20 cm + Concentrado	Silagem de milho colhida a 80 cm + Concentrado
MS, %	61,45	62,49
PB, % MS	13,83	13,59
EE, % MS	3,48	3,33
MM, % MS	5,36	5,00
CNF, % MS	43,87	46,39
FDN, % MS	39,64	37,88
FDA, % MS	19,02	18,03
NDT, %	76,21	76,90
Cálcio (Ca), % MS	0,62	0,61
Fósforo (P), % MS	0,32	0,32
Potássio (K), % MS	0,68	0,62
Magnésio (Mg) % MS	0,21	0,20

5.2.8 Avaliações de desempenho animal, qualidade de carcaça, comportamento animal e digestibilidade aparente

Os animais foram pesados no início e no fim do período experimental, com pesagens intermediárias a cada 14 dias, após jejum de sólidos de 12 horas. As variáveis relacionadas ao desempenho animal constaram da mensuração do consumo de matéria seca expresso em kg/dia (CMSD) e em relação ao peso corporal (CMSP), ganho de peso médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA) através da relação do consumo e ganho de peso.

Ao término do confinamento foi realizado um jejum de sólidos de 12 horas, sendo os animais pesados antes do carregamento para o frigorífico, obtendo-se o peso vivo pré-abate. O abate seguiu o fluxo normal do abatedouro e as carcaças foram pesadas, identificadas, lavadas

e resfriadas a -2°C por 24 horas. Nas carcaças foram avaliadas cinco medidas de desenvolvimento: comprimento de carcaça, que é a distância entre o bordo cranial medial do osso púbis e o bordo cranial medial da primeira costela; comprimento de braço, que é a distância entre a tuberosidade do olécrano e a articulação rádio-carpiana; perímetro de braço, obtido na região mediana do braço circundando com uma fita métrica; e a espessura do coxão, medida por intermédio de compasso, perpendicularmente ao comprimento de carcaça, tomando-se a maior distância entre o corte que separa as duas meias carcaças e os músculos laterais da coxa. Após a realização destas medidas, mediu-se na altura da 12^o costela a espessura de gordura presente (MULLER, 1987).

No momento do abate, também realizou-se a caracterização das partes do corpo não-integrantes da carcaça dos borregos abatidos, por meio da coleta dos pesos dos seguintes componentes: cabeça, cauda, couro e patas (denominados componentes externos); coração, rins, fígado, baço e pulmões (denominados órgãos vitais); rúmen-retículo, abomaso cheios e vazios e intestinos cheios.

Ainda para os parâmetros relativos ao desempenho animal, foi mensurado o ganho médio de carcaça (GMC) em g dia^{-1} , conversão de carcaça (CC) através da equação: $\text{CC} = \text{CMSD}/\text{GMC}$, e eficiência de transformação de MS consumida em carcaça expresso em %.

Na fase intermediária do confinamento (aproximadamente 35 dias), foi realizada análise do comportamento dos animais durante 48h contínuas, divididas em 8 períodos de 6 horas, com início a 0:00 hora do primeiro dia e término às 23h59 do segundo dia de avaliação. As observações foram realizadas por 2 observadores por turno, em sistema de revezamento a cada 6 horas. As leituras foram tomadas em intervalos regulares de 5 minutos. As variáveis analisadas na avaliação do comportamento ingestivo dos animais, constaram da mensuração das atividades de ócio, ruminação, abeberações (ingestão de água) e alimentação, expressas em horas por dia. Ainda, foram observadas, seguindo a mesma metodologia, a frequência da ocorrência das atividades de alimentação, abeberação, micção e defecação, expressas em número de vezes por dia.

Juntamente com a análise de comportamento, foram realizadas as determinações da digestibilidade aparente das dietas experimentais, onde foi mensurado o consumo diário de alimentos e de sobras de dois dias consecutivos, juntamente com coleta total de fezes produzidas pelos animais de cada baia. A coleta da produção total de fezes de cada unidade experimental foi realizada com o auxílio de lonas fixadas abaixo do piso ripado, as quais

foram pesadas e amostradas em cada turno de 6 horas, e posteriormente armazenadas sob refrigeração em sacos plásticos individuais devidamente identificados. Ao fim do período de 48 horas, as fezes de cada unidade experimental foram homogeneizadas para a formação de uma amostra composta representativa dos dias de avaliação e posteriormente analisadas. As amostras foram secadas em estufas de ar forçado a 55°C até obter peso constante. Pelas amostras das fezes secas, foi determinado o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) através da expressão: $DMS (\%) = (g \text{ de MS consumida} - g \text{ de MS excretada}) / g \text{ de MS consumida} \times 100$.

5.2.9 Avaliações Laboratoriais

As amostras de planta inteira e estruturas anatômicas (colmo, folhas, brácteas mais sabugo e grãos), fitomassa ensilável e remanescente e silagens, foram pesadas e pré-secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até atingir peso constante, para determinação do teor de MS parcial seguindo metodologia sugerida pela AOAC (1995). Após secagem as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey com peneira de malha de 1 mm para realização de análises químico-bromatológicas.

Nas amostras pré-secas, foram realizadas as análises para determinação da proteína bruta (PB) pelo método micro Kjeldahl, matéria mineral (MM) por incineração a 550°C (4 horas) e extrato etéreo (EE) conforme técnicas descritas pela AOAC (1995). Foram determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), conforme Van Soest et al. (1991), utilizando-se α amilase termoestável (Termamyl[®] 120L, Novozymes[®] Latin América Ltda.) e fibra em detergente ácido (FDA) segundo Goering e Van Soest (1970). Os teores de lignina foram determinados seguindo metodologia proposta por Silva e Queiroz (2009), a hemicelulose foi determinada por diferença (Hemicelulose = FDN - FDA), assim como a celulose (Celulose = FDA - lignina) e os teores de carboidratos não fibrosos [CNF = 100 - (PB + EE + MM + FDN)].

Para a determinação da matéria seca total, as amostras foram levadas a estufa a 105°C por 16 horas (SILVA e QUEIROZ, 2009) e para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg foram realizadas análises de acordo com a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Para as silagens, os valores da estimativa do consumo de matéria seca em relação ao peso vivo (CMSP) foram obtidos pela fórmula: $CMSP = 120 \div FDN$, segundo Mertens

(1992). Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos via equação: $NDT, \% = 87,84 - (0,70 \times FDA)$ e o valor relativo do alimento (VRA) foi expresso pela associação entre potencial de consumo de matéria seca e digestibilidade estimada da matéria seca (DMS): $VRA = [(DMS \times CMSP) \div 1,29]$ conforme Bolsen (1996).

5.2.10 Análise econômica dos sistemas

Para compor a análise de custos, realizou-se um levantamento dos componentes de custo com dados médios praticados no Estado do Paraná. Na contabilização dos valores gastos com despesas de custeio da lavoura como operação com máquinas (180,00 R\$ ha⁻¹), mão-de-obra fixa e temporária (60,30 R\$ ha⁻¹), valor das sementes (361,33 R\$ ha⁻¹) e gastos com defensivos (170,30 R\$ ha⁻¹), foram considerados os resultados das estimativas de custo de produção do milho de alta tecnologia, produtividade de 7.000 kg ha⁻¹ de grãos, para a safra de verão 2012/2013 no estado do Paraná (CONAB, 2013a). No entanto, os valores gastos com fertilizantes utilizados na adubação de base (05-25-25; 417,59 R\$ ha⁻¹), e adubação de cobertura (45-00-00; 553,67 R\$ ha⁻¹), foram obtidos pela média anual praticada no ano de 2013, conforme consulta nos indicadores da agropecuária da CONAB (2013b).

Já para as despesas de colheita e armazenagem (1.210,00 R\$ ha⁻¹), do milho em forma de forragem consideraram-se os coeficientes técnicos do processo segundo EMBRAPA (2003). Os valores pagos pelos serviços foram computados conforme a SEAB (2013), sendo que para a ensilagem de 1 hectare de forragem de milho são necessários: 3,88 horas de serviço de trator (71 a 86 HP) e ensiladeira de uma linha para corte e picagem com custo de 80,13 R\$ hora⁻¹; 8,0 horas de serviço de trator (50 a 70 HP) para transporte da forragem picada, distribuição no silo e compactação custando 63,00 R\$ hora⁻¹; 4,74 dias homem⁻¹ de trabalho para descarga e distribuição da forragem, auxílio no campo e ao tratorista com o custo de 80,00 R\$ dia⁻¹; 70 m² de lona dupla face de 150 μ com preço médio regional de 1,80 R\$ m⁻².

O custo total (R\$ t⁻¹ de MS) foi obtido através da somatória dos custos de produção de silagem por hectare dividido pela produção de MS de cada altura de colheita.

Do custo total foi subtraído a receita com a reposição dos nutrientes contidos na fitomassa remanescente e a receita gerada pela reposição do esterco advindo do confinamento dos borregos alimentados com as silagens colhidas a duas alturas distintas. Os nutrientes contidos na fitomassa remanescente e no esterco foram transformados em valores monetários

pelos equivalentes em uréia (45% de N; 1.245,75 R\$ t⁻¹), superfosfato simples (18% de P₂O₅; 908,09 R\$ t⁻¹) e cloreto de potássio (60% de K₂O; 1.365,52 R\$ t⁻¹). Preços obtidos pela média praticada no ano de 2013, conforme consulta realizada nos indicadores da agropecuária da CONAB (2013b). As fórmulas comerciais dos adubos foram obtidas através do seguinte cálculo: P205 = P x 2,29; K2O = K x 1,20; CaO = Ca x 1,39; e MgO = Mg x 1,66.

5.2.11 Delineamentos experimentais e análises estatísticas

Na avaliação das plantas de milho e da silagem o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, composto por dois tratamentos (alturas de colheita: 20 e 80 cm) com cinco repetições.

Na avaliação do desempenho animal, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por 2 tratamentos com 4 repetições, onde cada repetição constou de uma baía contendo três borregos, totalizando 8 unidades experimentais.

As variáveis foram submetidas à análise de variância e a comparação de médias foi realizada por intermédio do teste F a 5% de probabilidade de erro com o programa estatístico SAS (1993).

A análise de cada variável seguiu o modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + AC_i + E_{ij}$; onde Y_{ij} = variáveis de dependentes; μ = média geral de todas observações; AC_i = efeito da altura de colheita de ordem “i”, sendo 1 = 20 cm e 2 = 80 cm.

5.3 Resultados e Discussão

Na ocasião da ensilagem obteve-se valores médios de 2,13 m para altura de planta e 1,18 m para a altura de inserção da primeira espiga. A altura efetiva da fitomassa ensilável foi de 1,94 m e 1,31 m, com as alturas de colheita de 20 e 80 cm, respectivamente (Tabela 14).

Efeitos significativos ($P < 0,05$) foram observados para o diâmetro do colmo, fitomassa ensilável e remanescente nas diferentes alturas de colheita. O diâmetro do colmo na altura de colheita de 20 cm foi de 2,32 cm e a 80 cm de 2,05 cm. Com a elevação da altura de colheita de 20 cm para 80 cm a fitomassa ensilável reduziu em 20% o seu peso total e a fitomassa remanescente no solo aumentou em 2,9 vezes.

Tabela 14: Altura de planta, altura de espiga, diâmetro de colmo, fitomassa ensilável e remanescente da cultura do milho submetido a duas alturas de colheita.

Medidas da planta	Altura de colheita (cm)		Média	CV, %	Probabilidade
	20	80			
Altura de planta (m)	2,14	2,11	2,13	3,19	0,4516
Altura da fitomassa ensilável (m)	1,94 a	1,31 b	1,63	4,18	0,0001
Altura de espiga (m)	1,21	1,15	1,18	5,61	0,2182
Diâmetro do colmo (cm)	2,32 a	2,05 b	2,19	3,64	0,0006
Fitomassa ensilável (%)	90,47 a	72,49 b	81,48	2,35	0,0001
Fitomassa remanescente (%)	9,53 a	27,51 b	18,52	10,33	0,0001

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Conforme a Tabela 15, a colheita a 80 cm de altura propiciou um decréscimo de 20% na produção de fitomassa fresca, em relação à colheita a 20 cm (45.773 contra 57.320 kg ha⁻¹), enquanto a produção de fitomassa seca estimada apresentou um decréscimo de 14% (17.369 contra 19.877 kg ha⁻¹), devido ao maior teor de MS das plantas com altura de colheita de 80 cm (37,3%), relacionado à maior participação dos grãos (53,9% contra 48,6%) e menor participação da fração colmo inferior (8% contra 14,7%).

Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Vasconcelos et al, (2005), que obtiveram reduções de 17% na produtividade de MS quando a altura média aumentou de 10 cm para 80 cm. Resultados semelhantes também foram obtidos por Caetano (2001), que verificou redução de 25,6% na produtividade de MS quando a altura média de colheita aumentou de 50 cm para aproximadamente 80 cm.

Neumann et al. (2007) observaram redução de 10,3% na produção de fitomassa fresca ao se elevar a altura de colheita de 15,2 cm para 38,6 cm, enquanto a produção de fitomassa seca estimada apresentou uma redução de 6,6% (19.144 contra 17.875 kg MS ha⁻¹). Oliveira et al. (2011) observaram queda de 13,6% na produtividade da fitomassa seca (14,6 contra 12,6 t MS ha⁻¹) ao se elevar de 15 cm para 55 cm a altura de colheita. Já Lauer (1998) e Castañeda et al. (2005) observaram redução de 15% e de 13% na produção de fitomassa seca com a elevação da altura de colheita de 15 cm para 45 cm, respectivamente.

Tabela 15: Produções de fitomassa fresca e seca, fitomassa remanescente fresca e seca, teores médios de matéria seca e percentagem dos componentes estruturais: colmo, folhas, brácteas mais sabugo e grãos da fitomassa do milho submetido a duas alturas de colheita.

Produção (kg ha ⁻¹)	Altura de colheita, cm		Média	CV, %	Probabilidade
	20	80			
Fitomassa ensilável fresca	57.320 a	45.773 b	51.547	5,52	0,0002
Fitomassa ensilável seca	19.877 a	17.084 b	18.481	7,77	0,0152
Fitomassa remanescente fresca	6.056 a	17.369 b	11.712	11,49	0,0001
Fitomassa remanescente seca	887 a	3.662 b	2.274	9,69	0,0001
Matéria seca (%)					
Planta inteira	33,2	33,1	33,12	4,32	0,9199
Fitomassa ensilável	34,7 a	37,3 b	35,98	4,21	0,0237
Fitomassa remanescente	14,6 a	21,1 b	17,85	7,28	0,0001
Colmo	19,2 a	21,9 b	20,55	6,67	0,0126
Folhas	32,2	29,5	30,87	7,31	0,0939
Brácteas+Sabugo	33,0	32,7	32,87	4,58	0,7657
Grãos	62,1	61,1	61,60	1,62	0,1227
Frações dos componentes da fitomassa (%)					
Colmo	14,7 a	8,0 b	11,34	13,84	0,0001
Folhas	18,8	17,8	18,32	8,52	0,3520
Brácteas+Sabugos	17,9 a	20,3 b	19,09	4,59	0,0029
Grãos	48,6 a	53,9 b	51,26	2,79	0,0004

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

A fitomassa remanescente na lavoura (Tabela 15), na base fresca, apresentou um aumento ($P < 0,05$) de 2,9 vezes (6.056 contra 17.369 kg ha⁻¹) enquanto na base seca, aumentou em 4,1 vezes (887 contra 3.662), devido ao maior teor de umidade na parte basal dos colmos. Já Neumann et al. (2007) elevando a altura de colheita de 15,2 cm para 38,6 cm, obtiveram aumento de 2,6 vezes (762 contra 1.988 kg de MS ha⁻¹), respectivamente.

Ainda na Tabela 15 observa-se que, no momento da ensilagem, os teores de matéria seca das plantas inteiras colhidas rentes ao solo de ambos os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas ($P < 0,05$), apresentando em média 33,12 % de MS. Porém quando as plantas de milho foram colhidas em diferentes alturas, observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) para os teores de matéria seca da fitomassa ensilável e, conseqüentemente, também da fitomassa remanescente. Quando colhida a 80 cm, a MS da fitomassa ensilável aumentou de 34,7% para 37,3%, totalizando um acréscimo de 7,5% de MS. Dados similares foram obtidos por Oliveira et al. (2011), que trabalhando com 3 alturas de colheita (15, 35 e 55 cm),

somente encontrou diferença ($P<0,01$) no teor de MS entre 15 e 35 cm (26,56% contra 28,02%).

O teor de MS da fitomassa remanescente passou de 14,6% para 21,1%, nos tratamentos 20 cm e 80 cm de altura de colheita, respectivamente, indicando maior umidade na parte inferior do colmo e, com isso, explicando o porquê da maior porcentagem de MS da silagem na colheita mais elevado.

Dos componentes estruturais da parte ensilável da planta (Tabela 15), o único que apresentou diferenças significativas ($P<0,05$) para a MS, foi a fração colmo. As frações folha, brácteas mais sabugo e grãos não obtiveram efeito significativo ($P<0,05$). A MS da planta inteira de milho (33,12 %), quando analisada em partes, seus componentes de maior teor de MS foram os grãos com 61,6%, as brácteas + sabugos com 32,87%, as folhas com 30,87% e por fim o colmo com uma média de 20,55%.

Evidenciou-se neste estudo, por meio do teor de MS da fitomassa remanescente, que o teor de MS final da silagem é definido não somente pelo teor de MS e/ou pela participação dos grãos no material, mas também pela altura de colheita, visto que, na média geral do presente trabalho, a fitomassa remanescente apresentou-se com elevado teor de umidade (superior a 80%).

Dados da Tabela 15 demonstram diferenças significativas ($P<0,05$) entre as alturas de colheita de 20 cm e 80 cm para a porcentagem na fitomassa de colmo, brácteas mais sabugo e grãos. Com a elevação da altura da colheita, observou-se aumento da concentração das frações de brácteas e sabugo (17,9% contra 20,3%) e de grãos (48,6% contra 53,9%) e menor participação de colmo (14,7% contra 8%) e folhas (18,8% contra 17,8%). Já Neumann et al. (2007), observaram maior participação dos componentes folhas (28,4% contra 28,9%) e espigas (39,6% contra 43,7%) e menor participação de colmo (32,0% contra 27,8%), através da maior altura de colheita (15 cm contra 39 cm) das plantas de milho P-30S40. Comportamento similar encontrado por Restle et al. (2002a), que observaram maior participação do componente folhas (27,6% contra 30,8%) e espigas (45,0% contra 47,4%) e menor participação de colmo (27,4% contra 21,8%) na massa ensilada, através da maior altura de colheita (20 cm contra 42 cm) das plantas de milho AG-5011.

O híbrido de milho em estudo apresentou boas proporções entre os seus componentes estruturais, demonstrando ser um bom material neste quesito para produção de silagem. Segundo Neumann et al. (2011), um híbrido na ocasião da colheita, com boas características

para produção de silagem deve apresentar menos de 5 folhas secas por planta, altura de planta entre 1,9 m e 2,6 m e de inserção da espiga de 0,8 m a 1,2 m, produção de fitomassa ensilável fresca acima de 55.000 kg ha⁻¹, fitomassa seca acima de 18.000 kg ha⁻¹ e mais que 7.000 kg ha⁻¹ de grãos. Ainda, deve apresentar menos de 25% de colmo, acima de 15% de folhas, menos de 20% de brácteas e sabugo e mais de 40% de grãos na ensilagem.

Tabela 16: Valores médios de proteína bruta (PB), estrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e lignina (LIG) dos componentes da fitomassa do milho submetida a duas alturas de colheita.

Altura de colheita (cm)	Composição química do material original, % na MS							
	PB	EE	CNF	FDN	HEM	FDA	CEL	LIG
	Colmo							
20	3,43	0,59	20,82	71,00	27,35	43,65 a	34,97	8,67 a
80	3,12	0,64	21,38	71,06	29,20	41,86 b	35,70	6,16 b
Média	3,27	0,62	21,10	71,03	28,28	42,75	35,34	7,42
CV, %	16,98	30,56	10,79	3,62	8,74	2,16	3,76	10,75
Probabilidade	0,4095	0,6983	0,7037	0,9734	0,2705	0,0153	0,4122	0,0011
	Folhas							
20	8,86	1,61	14,33	68,86	34,22	34,6	30,64	4,00
80	8,82	1,62	14,82	67,89	34,77	33,11	29,77	3,34
Média	8,84	1,62	14,57	68,37	34,49	33,88	30,21	3,67
CV, %	8,37	13,41	17,05	3,90	7,67	3,50	3,25	16,23
Probabilidade	0,9208	0,9212	0,7622	0,5809	0,7484	0,0766	0,2005	0,1190
	Brácteas+Sabugos							
20	3,01	0,59	12,38	81,76	41,10	40,67	35,48	5,18
80	2,79	0,54	12,61	81,66	41,98	39,68	34,82	4,86
Média	2,90	0,56	12,49	81,71	41,54	40,17	35,15	5,02
CV, %	5,61	35,90	9,11	1,55	4,92	2,05	2,14	23,91
Probabilidade	0,0669	0,6943	0,7595	0,8959	0,5140	0,0936	0,1994	0,6809
	Grãos							
20	8,36	4,29	74,54	11,66	9,27	2,39	2,16	0,23
80	7,67	4,00	76,67	10,48	8,25	2,24	2,03	0,21
Média	8,01	4,15	75,61	11,07	8,76	2,31	2,09	0,22
CV, %	6,90	17,15	3,20	15,31	13,90	24,97	26,65	26,70
Probabilidade	0,0847	0,5398	0,2015	0,3047	0,2201	0,6883	0,7181	0,6050

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

De acordo com a Tabela 16, o componente colmo apresentou diferenças significativas (P<0,05) entre as duas alturas de colheita para os teores de FDA (43,65% contra 41,86 %) e

lignina (8,67% contra 6,16%). Já os teores de PB, EE, CNF, FDN, HEM e CEL mantiveram-se estáveis na fração colmo com a elevação da altura de colheita. Estes dados corroboram os resultados encontrados por Caetano et al. (2012), que avaliaram 11 híbridos com duas alturas de colheita e observaram teores de FDA nos colmos de 42, 69 e 40,21% a uma altura de 5 cm do solo e a 5 cm abaixo da espiga, respectivamente.

Conforme Tabela 16, não houve diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos (altura de colheita 20 cm e 80 cm) nas análises bromatológicas (PB, EE, CNF, FDN, HEM, FDA, CEL e LIG) dos componentes folhas, brácteas mais sabugos e grãos. Comparando os valores médios de PB entre as frações, percebe-se uma concentração maior nas folhas, seguidas por grãos, colmos e brácteas mais sabugos de 8,84%; 8,01%; 3,27% e 2,90%, respectivamente. Já o EE é mais concentrado nos grãos com 4,15%, seguido pelas folhas com 1,62%, nos colmos 0,62% e nas brácteas e sabugos com 0,56%. Os grãos também possuem a maior concentração de CNF (75,61%) enquanto que os colmos, folhas e BS possuem 21,10%; 14,57% e 12,49%.

As frações fibrosas estão mais concentradas nas frações dos colmos e das brácteas e sabugos. O FDN apresentou 81,71%; 71,03%; 67,37% e 11,07% respectivamente para brácteas e sabugos, colmos folhas e grãos. Nas brácteas e sabugos, folhas, colmos e grãos a HEM foi de 41,54%; 34,49%; 28,28% e 8,76%, respectivamente. A maior concentração de FDA apresentou-se nos colmo com 42,75% seguida das brácteas e sabugos com 40,17%, folhas com 33,88% e grãos com 2,31%. Assim como a LIG também ficou mais concentrada nos colmos com 7,42%, e 5,02%; 3,67% e 0,22% nas brácteas e sabugos, folhas e grãos, respectivamente.

Considerando as análises anteriores podemos verificar que as frações brácteas mais sabugo e colmo possuem as menores qualidades nutricionais entre os componentes da planta. Com a elevação da altura de colheita reduzimos a fração colmo e aumentamos as frações brácteas mais sabugo, que levaria um equilíbrio na qualidade da silagem, porém com o aumento na concentração de grãos (parte mais nobre, que apresenta os maiores valores de PB, EE, e CNF e os menores valores de componentes fibrosos), houve maior qualidade final da forragem, reduzindo os componentes da parede celular e, conseqüentemente, obteve-se aumento na digestibilidade da MS.

Na Tabela 17 observa-se que a elevação da altura de colheita da planta de 20 cm para 80 cm não promoveu diferenças significativas ($P > 0,05$) para os teores de macro nutrientes N

(0,52), Ca (0,11%) e Mg (0,19%) do colmo. Porém com a elevação da altura de colheita os teores de P no colmo aumentaram ($P < 0,05$) em 50% e os teores de K reduziram ($P < 0,10$) em 16%. Estes resultados indicam que o K está mais concentrado na parte basal do colmo da planta de milho.

Tabela 17: Valores dos macro nutrientes nitrogênio (N), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) e potássio (K) das frações da fitomassa ensilável do milho submetido a duas alturas de colheita.

Altura de colheita (cm)	Composição mineral do material original, % na MS				
	N	P	K	Ca	Mg
Colmo					
20	0,55	0,02 a	1,40	0,11	0,19
80	0,50	0,03 b	1,17	0,11	0,19
Média	0,52	0,03	1,29	0,11	0,19
CV, %	16,98	20,00	16,03	21,22	25,03
Probabilidade	0,4095	0,0133	0,1078	0,8983	0,9489
Folhas					
20	1,42	0,10	1,33	0,40	0,28
80	1,41	0,10	1,42	0,39	0,32
Média	1,41	0,10	1,38	0,39	0,30
CV, %	8,37	16,30	19,61	9,58	20,55
Probabilidade	0,9208	0,8465	0,6205	0,8711	0,2503
Brácteas+Sabugos					
20	0,48	0,03	0,70	0,04	0,08
80	0,45	0,03	0,78	0,04	0,07
Média	0,46	0,03	0,74	0,04	0,08
CV, %	5,61	15,15	7,96	17,25	16,12
Probabilidade	0,0669	0,5447	0,0764	0,2165	0,6195
Grãos					
20	1,34	0,22	0,30	0,00	0,10
80	1,23	0,22	0,31	0,01	0,10
Média	1,28	0,22	0,31	0,01	0,10
CV, %	6,90	21,47	15,91	83,33	18,95
Probabilidade	0,0847	0,8958	0,9496	0,2415	1,0000

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade de erro

Conforme Tabela 17, a fração da planta que apresentou maior concentração dos macro nutrientes N, K, Ca e Mg foram as folhas (1,41%, 1,38%, 0,39% e 0,30%, respectivamente). Porém o P teve sua maior concentração nos grãos, com 0,22%. Já Ueno et al. (2013) observaram que dentre os componentes das plantas colhidas a uma altura de 20 cm, as folhas

apresentaram as maiores concentrações dos macronutrientes, com teores de 2,19; 0,30; 0,43 e 0,45 % de N, P, Ca e Mg, respectivamente. Porém, a concentração de K foi maior nos colmos. As maiores concentrações de nutrientes nas folhas demonstram a importância que este componente possui no fornecimento de nutrientes na alimentação animal, tornando de suma relevância a escolha de híbridos para silagem que apresentem alto “stay green” e porcentagem do componente na massa. Ainda, que se adotem práticas de manejo que mantenham a qualidade e sanidade foliar, como exemplo, fertilizações nitrogenadas e o controle de pragas e doenças foliares.

Porém, proporcionalmente à massa produzida na ensilagem, os grãos são responsáveis, em quantidade, pela maior extração de N e P proveniente do solo e fornecimento para os animais. Já o K é fornecido em maiores proporções pelos colmos, enquanto que as folhas são as maiores fontes de Ca e Mg. O teor de nutrientes nos grãos em R5 (estádio da ensilagem) apresentou teores médios de 1,28%; 0,22%; 0,31%; 0,01% e 0,10% de N, P, K, Ca e Mg respectivamente (Tabela 17). Para os componentes brácteas mais sabugo os respectivos teores foram de 0,46%; 0,03%; 0,74%; 0,04%; e 0,08% de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Ueno et al. (2013) obtiveram valores aproximados ao presente trabalho de nutrientes nos grãos em R5 (estádio da ensilagem) de 1,49; 0,28; 0,35; 0,10 e 0,11% de N, P, K, Ca e Mg respectivamente.

De acordo com a Tabela 18, a elevação da altura de colheita (20 cm versus 80 cm) não afetou ($P>0,05$) a produção de PB (1.504 contra 1.316 kg ha⁻¹), o EE (463 contra 402 kg ha⁻¹), CNF (6.675 contra 6.269 kg ha⁻¹) e a HEM (5.350 contra 4.892 kg ha⁻¹), porém reduziu ($P<0,05$) em 25% a exportação de MM (617 contra 465 kg ha⁻¹). Dentre os componentes fibrosos observou-se redução significativa ($P<0,05$) do FDN em 19% (10.619 contra 8.631 kg ha⁻¹), 29% do FDA (5.269 contra 3.739 kg ha⁻¹) e 28% da CEL (4.543 contra 3.288 kg ha⁻¹). A maior redução foi obtida com a LIG que reduziu 38% (726 contra 451 kg ha⁻¹). Essa redução pode ser explicada pela diminuição da participação da fração fibrosa e aumento da proporção de grãos na MS das plantas colhidas na altura de colheita mais elevada.

Esses resultados corroboram com os encontrados por Vasconcelos et al. (2005), que não encontraram diferenças nas produções de PB (kg ha⁻¹) na fitomassa ensilável, e também encontraram reduções similares ao presente trabalho de 24% no FDN e 29% no FDA entre as alturas de colheita do milho a 10 cm e 80 cm.

Tabela 18: Montante de proteína bruta (PB), estrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), lignina (LIG) e matéria mineral (MM) na fitomassa ensilável e na fitomassa remanescente do milho submetido a duas alturas de colheita.

Altura de colheita (cm)	Produção de nutrientes (kg ha ⁻¹)								
	PB	EE	CNF	FDN	HEM	FDA	CEL	LIG	MM
	Fitomassa ensilável								
20	1.504	463	6.675	10.619 a	5.350	5.269 a	4.543 a	726 a	617 a
80	1.316	402	6.269	8.631 b	4.892	3.739 b	3.288 b	451 b	465 b
Média	1.410	433	6.472	9.625	5.121	4.504	3.916	588	541
CV, %	10,76	13,06	11,45	9,86	9,48	11,92	12,48	15,48	12,86
Probabilidade	0,0872	0,1283	0,4117	0,0107	0,1742	0,0020	0,0036	0,0014	0,0088
	Fitomassa remanescente								
20	43 a	5 a	133 a	641 a	211 a	429 a	303 a	126 a	65 a
80	148 b	29 b	779 b	2.539 b	830 b	1.709 b	1.349 b	360 b	167 b
Média	95	17	456	1590	521	1069	826	243	116
CV, %	22,58	30,13	21,08	15,43	25,61	11,55	11,72	20,16	22,01
Probabilidade	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Já os valores dos nutrientes da fitomassa remanescente apresentaram diferenças estatísticas ($P < 0,05$) (Tabela 18) entre os tratamentos (altura de colheita 20 e 80 cm). A PB aumentou 3,4 vezes e o EE e o CNF aumentaram 5,8 vezes. O FDN, HEM e FDA aumentaram 4 vezes. A quantidade por hectare de CEL na fitomassa remanescente passou de 303 para 1.349 kg ha⁻¹, a LIG de 126 para 360 kg ha⁻¹ e a MM extraída passou de 65 para 167 kg ha⁻¹.

Os dados da Tabela 19 demonstram que não houve diferença estatística ($P > 0,05$) na exportação de N (226 kg ha⁻¹), de P (29 kg ha⁻¹) e do Mg (27 kg ha⁻¹) pela fitomassa, com a elevação da altura de colheita de 20 cm para 80 cm. Porém o K e o Ca tiveram menor ($P < 0,05$) quantidade extraída do solo com a elevação da altura de colheita. O K foi extraído 40 kg ha⁻¹ a menos (150 contra 110 kg ha⁻¹) e o Ca menos 6 kg ha⁻¹ (21 contra 15 kg ha⁻¹). Estes dados estão de acordo com os encontrados por Ueno et al, (2013), que verificaram valores de exportação pela fitomassa ensilável de N (241,31 kg ha⁻¹); P (42,14 kg ha⁻¹); K (141,99 kg ha⁻¹); Ca (34,87 kg ha⁻¹) e Mg (38,40 kg ha⁻¹) com altura de colheita de 20 cm.

Tabela 19: Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) exportados pela fitomassa do milho e retidos na fitomassa remanescente em duas alturas de colheita.

Altura de colheita (cm)	Nutrientes (kg ha ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
	Exportados do solo				
20	241	29	150 a	21 a	29
80	211	29	110 b	15 b	24
Média	226	29	130	18	27
CV, %	10,78	11,51	20,62	21,13	19,09
Probabilidade	0,0875	0,8555	0,0460	0,0406	0,1859
	Retenção na fitomassa remanescente				
20	6,88 a	0,15 a	15,62 a	1,23 a	1,60 a
80	23,64 b	1,10 b	39,66 b	5,38 b	6,28 b
Média	15,26	0,63	27,65	3,30	3,94
CV, %	22,59	29,27	22,87	37,11	28,86
Probabilidade	0,0001	0,0001	0,0003	0,0007	0,0002

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Em relação à retenção de nutrientes na fitomassa remanescente (Tabela 19), o K foi retido em maior quantidade em relação aos outros minerais, que seguem a ordem decrescente $N > Mg > Ca > P$. A retenção dos nutrientes na fitomassa remanescente demonstrou diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os cortes de 20 e 80 cm. A retenção do K passou de 15,62 para 39,66 kg ha⁻¹, o N passou de 6,88 para 23,64 kg ha⁻¹, o Mg de 1,60 para 6,28 kg ha⁻¹, o Ca de 1,23 para 5,38 kg ha⁻¹ e o P de 0,15 para 1,10 kg ha⁻¹.

Oliveira (2009) também observou que o K foi retido em maior quantidade em relação aos outros minerais na fitomassa remanescente sendo seguido em ordem decrescente pelo N, Mg, Ca e P. No mesmo trabalho o autor observou acúmulos de K nas alturas de colheita do milho de 15, 35 e 55 cm de 14,15 kg ha⁻¹, 27,89 kg ha⁻¹ e 49,62 kg ha⁻¹, respectivamente e N de 5,12 kg ha⁻¹, 10,68 kg ha⁻¹ e 18,11 kg ha⁻¹, respectivamente.

Estas variações de resultados demonstram que, para obtenção da diferença da exportação de nutrientes do solo por uma lavoura colhida para silagem, devem-se analisar os teores de nutrientes das massas produzidas da mesma lavoura, não sendo recomendada a determinação da diferença de exportação por estimativas com base em lavouras conduzidas em locais e formas distintas, uma vez que a dinâmica de absorção de nutrientes pela cultura é altamente variável, principalmente por fatores ambientais e genotípicos.

Na Tabela 20 estão apresentados os resultados dos valores nutricionais das silagens colhidas em duas alturas de colheita.

Tabela 20: Valores de proteína bruta (PB), estrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), lignina (LIG) nutrientes digestíveis totais (NDT), consumo de matéria seca estimado (CMSE) e valor relativo do alimento (VRA) da silagem de milho submetida a duas alturas de colheita.

Valor nutricional	Altura de colheita, cm			CV, %	Probabilidade
	20	80	Média		
PB, % na MS	7,43	6,95	7,19	4,07	0,0310
EE, % na MS	2,92	2,61	2,77	16,72	0,3231
MM, % na MS	3,52 a	2,80 b	3,16	55,19	0,0001
Ca, % na MS	0,12 a	0,09 b	0,11	8,52	0,0046
P, % na MS	0,14	0,14	0,14	10,12	1,0000
Mg, % na MS	0,15	0,14	0,15	6,04	0,1382
K, % na MS	0,80 a	0,67 b	0,74	6,96	0,0030
CNF, % na MS	37,30 a	42,33 b	39,82	4,00	0,0011
FDN, % na MS	48,83 a	45,31 b	47,07	4,31	0,0252
HEM, % na MS	25,83	24,29	25,06	7,85	0,2509
FDA, % na MS	23,00 a	21,02 b	22,01	1,94	0,0001
CEL, % na MS	19,34	18,17	18,75	5,76	0,1243
LIG, % na MS	3,66	2,86	3,26	38,30	0,3371
NDT, % MS	71,74 a	73,12 b	72,43	0,41	0,0001
CMSE, % PV	2,46 a	2,65 b	2,56	4,20	0,0255
VRA, Índice	135,57 a	148,96 b	142,26	4,26	0,0082

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Para os teores de PB, EE, HEM, CEL e LIG das silagens colhidas a uma altura de 20 cm e a 80 cm do solo não houve diferença ($P>0,05$), apresentando valores médios de 7,19%; 2,77%; 25,06%; 18,75% e 3,26%, respectivamente. Oliveira et al. (2011) também não encontraram diferenças ($P>0,05$) nas análises de PB e EE da silagem colhida a 15, 35 e 55 cm de altura, apresentando valores médios de PB igual a 8,5% e 2,7% de EE. Já Pedó et al. (2009) observaram um aumento de 13% no teor de EE, elevando a colheita de 20 para 70 cm de altura. Kung Jr et al. (2008) observaram aumento de 4% no teor de PB em altura de colheita de 12,5 e 47,5 cm.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) aumentaram em função da altura de colheita

(Tabelas 20). Esta fração é representada por mono e dissacarídeos, amido e fibra solúvel. O CNF na silagem colhida a uma altura de 80 cm apresentou um aumento de 13% comparada a colhida a 20 cm (42,33% contra 37,30%), valores similares aos encontrados por Pedó et al. (2009), 12% de aumento com corte de 20 cm para 70 cm de altura. Os valores médios de CNF (34,4%) para 29 silagens de milho, citados por Valadares Filho et al. (2006), são 25% menores que o corte mais baixo (20 cm) apresentados no presente trabalho.

Considerando-se as Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos, publicadas por Valadares Filho et al. (2006), como referência nacional, uma vez que reúne dados de todas as regiões do país, fica evidente a excelente qualidade das silagens de milho geradas neste experimento, com valores baixos de FDN. Estes autores relatam valores de FDN de 51,8% da MS (247 amostras). Portanto, mesmo a silagem colhida a 20 cm, que apresentou maior teor de FDN, contém 3 pontos percentuais a menos que a reportada por Valadares Filho et al. (2006).

Conforme a Tabela 20, os parâmetros de FDN e FDA apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as alturas de colheita de 20 cm e 80 cm, sendo que o FDN (48,83% contra 45,31%) reduziu ($P < 0,05$) em 7,2% e o teor de FDA reduziu 8,6% (23,00% contra 21,02%). Ao comparar 4 alturas de colheita (20, 45, 70 e 95 cm), Pedó et al. (2009) encontraram redução linear de FDN com 0,8 pontos percentuais e de FDA com 0,7 pontos percentuais a cada 10 cm na elevação da altura de colheita. Diferenças maiores foram encontradas por Restle et al. (2002a), que observaram redução de 13,24% no teor de FDN (corte a 20 cm e a 42 cm de altura), valores similares aos encontrados por Kung Jr et al. (2008) que obtiveram redução de 8 e 9% para FDN e FDA com alturas de colheita de 12,5 cm e 47,5 cm.

Oliveira et al. (2011), elevando a altura de colheita de 15 cm para 35 cm, obtiveram redução de 8,7% no teor de FDN e 4,9% no teor de FDA, respectivamente. Já Restle et al. (2002b) em estudos com sorgo, constataram que a elevação da altura de colheita de 14 cm para 45 cm alterou a qualidade da fração fibrosa da silagem, proporcionando uma redução de 18,51% e 10,41% nos teores de FDN e FDA.

A lignina é um dos principais fatores que limita a degradabilidade da parede celular (VAN SOEST, 1994), refletindo-se em maior tempo para esvaziamento do rúmen, que repercute em menor consumo. No presente trabalho a lignina apresentou redução de 21% com a elevação de colheita porém ($P > 0,05$) Pedó et al. (2009) em colheita a altura de 20 cm e 95

cm obtiveram uma redução de 38,5% no teor de lignina e Oliveira et al. (2011) obtiveram redução de 5,5% (4,83% contra 5,43%) de altura de colheita de 35 cm para 55 cm. Já Kung Jr et al. (2008) observaram redução de 13% no teor de lignina colhendo o milho a altura de 12,5 e 47,5 cm.

O comportamento de aumento de CNF e redução de componentes fibrosos deve-se ao aumento na concentração de grãos na silagem com a elevação na altura de colheita. Como consequência observamos aumento ($P<0,05$) de 19% no teor de NDT (71,74% para 73,12%) e no VRA aumentou de 135,57 para 148,96. Oliveira et al. (2011) também observaram um aumento de 6,7% no NDT com a elevação da altura de colheita de 15 cm para 55 cm. No presente trabalho o aumento na qualidade da silagem proporcionou um aumento teórico no CMSE de 8 % (2,46% para 2,65% do PV).

O maior potencial de consumo de matéria seca apresentado pelo material colhido a 80 cm pode ser explicado pela maior taxa de grãos na massa encontrada frente ao corte baixo. A relação entre consumo de matéria seca e digestibilidade da matéria seca, expressa no item valor relativo da forragem, demonstrou que o corte alto proporcionou uma forragem de melhor qualidade, estando também este fato diretamente relacionado aos teores de fibra em detergente neutro apresentado pelo material.

Ainda na Tabela 20 observa-se uma redução ($P<0,05$) no teor de MM (3,52% contra 2,80%) e dentre estes minerais os teores de P e Mg permaneceram constantes, com valores médios de 0,14 e 0,15 %, respectivamente. Já os teores de K (0,80% contra 0,67%) e de Ca (0,12% contra 0,09%) reduziram ($P<0,05$) com a elevação da altura de colheita de 20 cm para 80 cm, o que havia ocorrido já na exportação de nutrientes pela fitomassa do milho (Tabela 19).

Os dados da Tabela 21 mostram que o consumo de silagem pelos borregos em confinamento não foi afetado, considerando os efeitos ($P>0,05$) de altura de colheita, alcançando valores médios de 0,565 kg de MS animal⁻¹ dia⁻¹. Na estimativa de produção de silagem em kg de matéria seca ha⁻¹, considerado uma perda de 15% nos processos fermentativos, observou-se diferença ($P<0,05$) com produção de 16.896 kg de MS ha⁻¹ na colheita a 20 cm contra 14.521 kg de MS ha⁻¹ na colheita a 80 cm.

Tabela 21: Produção de silagem de milho, consumo animal, número potencial de animais alimentados em confinamento conforme o tipo de dieta e produção de esterco.

Altura de colheita (cm)	Variáveis mensuradas				
	Produção de silagem ¹	Consumo de silagem ²	Capacidade de suporte ³	Produção de esterco	
	kg de MS ha ⁻¹	kg de MS animal ⁻¹ dia ⁻¹	animais ha ⁻¹	kg de MS animal ⁻¹ dia ⁻¹	kg de MS ha ⁻¹
20	16.896 a	0,575	530	0,425	12.461 a
80	14.521 b	0,555	473	0,418	11.000 b
Média	15.709	0,565	501	0,422	11.730
CV, %	7,77	11,73	12,29	10,52	7,43
Probabilidade	0,0152	0,6770	0,2439	0,6950	0,0555

¹Silagem produzida considerando perdas no preparo de 15 % na fermentação,

²Representa o consumo de MS apenas da silagem, para ovinos,

³Para 56 dias de alimentação, com 50% de silagem + 50% de concentrado.

Mesmo com uma produção de MS ha⁻¹ maior (P<0,05), a capacidade de suporte não foi alterada (P>0,05) entre os tratamentos com silagem colhida a 20 e a 80 cm, alcançando em média 501 animais ha⁻¹. Este fato ocorreu devido ao consumo de silagem animal⁻¹ dia⁻¹ ter sido menor para o tratamento a 80 cm, mesmo que estatisticamente não apresentando diferenças (P>0,05).

Verifica-se também na Tabela 21, produção de esterco por animal similar entre os tratamentos, sendo 0,425 kg e 0,418 kg de MS animal⁻¹ dia⁻¹, respectivamente. Porém analisando a produção de esterco por hectare (12.461 kg e 11.000 kg de MS ha⁻¹) para as alturas 20 cm e 80 cm respectivamente, observou-se uma redução (P<0,05) de 12% no volume total de esterco produzido. Este fato foi causado devido à maior digestibilidade da dieta no tratamento com a silagem colhida a 80 cm de altura, conforme dados apresentados na Tabela 22 que apresentou aumento (P<0,05) de 7% nos teores de DMS (70,67% contra 66,08% na dieta contendo silagem colhida a 80 cm e a 20 cm de altura, respectivamente.)

Mesmo o CMSE apresentando diferenças (P<0,05), conforme Tabela 20, quando ofertado as duas silagens com alturas de colheita distintas aos borregos em confinamento, o CMSD e o CMSP (Tabela 22) não apresentaram diferenças significativas (P>0,05), alcançando valores médios de 1.130 g dia⁻¹ e 3,76 % PV, respectivamente. Neumann, et al. (2007) avaliando novilhos confinados alimentados com silagens colhidas a 15 cm e 39 cm de altura e Restle et al. (1999) com silagens colhidas a 16 cm e 46 cm de altura também não observaram diferenças no CMSD e CMSP.

Tabela 22: Consumo de matéria seca diário (CMSD), consumo expresso por 100 kg de peso vivo (CMSP), ganho de peso médio diário (GMD), conversão alimentar (CA) e digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), ganho médio de carcaça (GMC) conversão em carcaça (CC) e eficiência de transformação em carcaça (ETC) de borregos terminados em confinamento tratados com silagens colhidas a duas alturas.

Parâmetros	Altura de colheita (cm)		Média	CV, %	Probabilidade
	20	80			
Consumos de matéria seca diário (g dia ⁻¹)	1.150	1.109	1.130	11,74	0,6794
Consumo de matéria seca (% peso vivo)	3,50	3,40	3,45	9,57	0,6836
Ganho de peso (g dia ⁻¹)	317,86	330,87	324,36	6,37	0,3999
Conversão alimentar (CMSD/GMD)	3,61	3,35	3,48	6,75	0,1619
Digestibilidade da matéria seca (%)	66,08 b	70,67 a	68,37	3,66	0,0411
Ganho médio de carcaça (g dia ⁻¹)	165,76	187,38	176,57	8,31	0,0811
Conversão de carcaça (CMSD/GMC)	6,95 b	5,91 a	6,43	7,12	0,0188
Eficiência de transformação em carcaça (%)	52,03 b	56,71 a	54,37	5,17	0,0568

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

O GMD e o GMC não apresentaram diferenças estatísticas ($P>0,05$) entre os tratamentos, apresentando valores médios de 324,36 g dia⁻¹ e 176,57 g dia⁻¹, porém ao realizar a conversão para ganho de carcaça, os borregos que foram alimentados com a silagem colhida a 80 cm de altura ganharam 21,62 g de carcaça dia⁻¹ a mais do que os alimentados com silagem colhida a 20 cm de altura. Já a eficiência de transformação em carcaça foi 8% superior nos animais alimentados com silagem colhida a 80 cm (56,71%) em comparação a silagem colhida a 20 cm (52,03%).

Na CA não se observou diferenças estatísticas ($P>0,05$) entre os tratamentos, alcançando valores médios de 3,91 kg de matéria seca para kg de ganho de peso, porém na conversão de carcaça (CC) foi observada uma melhoria de 15% na eficiência de transformação de alimento em kg de carcaça, sendo 6,95 kg de matéria seca para kg de ganho de peso de carcaça para a altura de colheita 20 cm e 5,91 kg de matéria seca para kg de ganho de peso de carcaça para a altura de colheita 80 cm.

Restle et al. (1999), avaliando a produção de bezerras Braford para abate aos 12 meses, alimentados com silagem de milho colhida às alturas de 16 cm e 46 cm, não observaram diferença estatística referente aos parâmetros ganho de peso médio diário e conversão alimentar. Já Neumann, et al. (2007) obtiveram ganhos de peso similares porém

maior CA ($P < 0,05$) nos animais cuja dieta incluía silagem colhida a 39 cm em relação a colhida a 15 cm e Restle et al. (2002a) demonstraram que a utilização de dietas alimentares constituídas de silagem de milho colhido às alturas de 20 cm e 42 cm, na alimentação de bezerros Braford confinados, com relação volumoso concentrado 60:40, apresentaram maior GMD e CA com silagens colhidas a 42 cm.

Em estudos com bovinos de leite, Neylon e Kung Junior (2003), observaram que a elevação na altura de colheita de 12,7 cm para 45,7 cm aumentou a produtividade de leite por tonelada de silagem (1.625 kg/t vs 1.723 kg/t), porém a produtividade de leite por hectare não foi afetada ($P < 0,05$) pela maior altura de colheita. Caetano et al, (2012) também observou aumento na eficiência alimentar com o aumento da altura de colheita, cujos valores médios foram de 1.226, 1.291 e 1.393 kg leite/t silagem nas alturas de colheita de 15, 35 e 55 cm, respectivamente e com isso, a produtividade de leite (17.956, 16.819, 17.791 kg leite/ha) foi semelhante nas mesmas três alturas de colheita.

A maior eficiência de transformação em carcaça (Tabela 22) ocorreu principalmente pela maior digestibilidade da matéria seca, que na silagem colhida a 80 cm (70,67%) foi 7% superior ($P < 0,05$) em relação a silagem colhida a 20 cm (66,08%).

Na Tabela 23 estão apresentadas as medidas quantitativas da carcaça de borregos terminados em confinamento tratados com silagens colhidas a 20 cm e a 80 cm de altura. Não se observou efeito ($P > 0,05$) da altura de colheita da silagem sobre as características quantitativas da carcaça dos animais quanto ao peso vivo inicial, peso vivo pré-abate, peso de carcaça quente, ganho de peso do período, ganho de carcaça, comprimento de carcaça, espessura de coxão, comprimento de braço, perímetro de braço e espessura de gordura, apresentando valores médios de 23,61 kg, 41,77 kg, 19,33 kg, 18,86 kg, 9,89 kg, 69,75 cm, 8,16 cm, 18,88 cm, 15,81 cm e 1,38 cm, respectivamente. Porém os animais terminados em confinamento com silagem colhida a 80 cm (47,35%) tiveram maior rendimento de carcaça ($P < 0,05$) comparativamente à dieta contendo silagem colhida a 20 cm (45,15%), fato este propiciado principalmente pela maior digestibilidade da matéria seca e pela eficiência em transformação em carcaça, conforme apresentado na Tabela 22.

Restle et al. (2002a) avaliando silagem de (AG-5011) colhidas a 20 e 42 cm de altura na produção de bovinos superprecoces, verificaram que o peso final, o rendimento de carcaça (53,08% contra 52,46%) e o peso de carcaça fria foram similares ($P > 0,05$) para os animais alimentados com as duas silagens; verificaram no entanto que a gordura de cobertura, embora

sem diferença significativa ($P=0,1322$) foi numericamente superior nos animais que tiveram maior concentração energética na dieta (3,67 mm contra 5,67 mm).

Tabela 23: Medidas quantitativas da carcaça de borregos terminados em confinamento tratados com silagens colhidas a duas alturas.

Variáveis avaliadas	Alturas de colheita (cm)		Média	CV, %	Probabilidade
	20	80			
Peso vivo inicial (kg)	23,89	23,33	23,61	5,42	0,5492
Peso vivo pré-abate (kg)	41,69	41,85	41,77	4,62	0,9301
Peso de carcaça quente (kg)	18,84	19,82	19,33	5,75	0,2568
Rendimento de carcaça (%)	45,15 a	47,35 b	46,25	2,66	0,0451
Ganho de peso do período (kg)	17,80	18,52	18,16	6,38	0,4121
Ganho de carcaça (kg)	9,28	10,49	9,89	8,28	0,0818
Comprimento da carcaça (cm)	70,13	69,38	69,75	3,60	0,6876
Espessura de coxão (cm)	8,25	8,06	8,16	6,22	0,6202
Comprimento de braço (cm)	18,63	19,13	18,88	2,02	0,1135
Perímetro de braço (cm)	15,75	15,88	15,81	4,79	0,8231
Espessura de gordura (mm)	1,39	1,38	1,38	17,34	0,9436

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Período de confinamento = 56 dias

Na Tabela 24 são apresentados os valores médios dos componentes de rendimento não integrantes da carcaça de borregos terminados em confinamento, alimentados com silagens de diferentes alturas de colheita.

Na análise de dados da Tabela 24, verifica-se que o fator altura de colheita não afetou ($P>0,05$) os componentes de rendimento não integrantes da carcaça de borregos terminados em confinamento, apresentando peso médio de coração (0,16 kg), fígado (0,79 kg), rins (0,11 kg), pulmões (0,54 kg), baço (0,06 kg), rúmen cheio (4,52 kg), rúmen vazio (1,08 kg), abomaso cheio (0,48 kg), abomaso vazio (0,28 kg), intestinos (3,04 kg), cabeça (2,06 kg), rabo (0,25 kg), couro (4,25 kg) e patas (1,00 kg). Tonetto et al, (2009) em experimento com borregos cruzados (Texel x Ile de France) em confinamento observaram peso médio de coração (0,16 kg), fígado (0,44 kg), pulmões (0,43 kg), rúmen vazio (0,60 kg), abomaso vazio (0,23 kg), cabeça (1,15 kg), couro (2,92 kg) e patas (0,78 kg).

Tabela 24: Peso dos componentes do corpo não-integrantes da carcaça de borregos terminados em confinamento alimentados com silagens colhidas a duas alturas.

Peso dos componentes (kg)	Altura de colheita (cm)		Média	CV, %	Probabilidade
	20	80			
Coração	0,16	0,15	0,16	8,02	0,4595
Fígado	0,80	0,79	0,79	7,27	0,6918
Rins	0,11	0,11	0,11	16,06	0,7735
Pulmões	0,55	0,52	0,54	10,50	0,4482
Baço	0,07	0,06	0,06	17,07	0,7827
rúmen cheio	4,77	4,27	4,52	11,90	0,2406
rúmen vazio	1,08	1,09	1,08	4,58	0,7854
abomaso cheio	0,50	0,46	0,48	14,16	0,4661
abomaso vazio	0,26	0,31	0,28	10,74	0,0716
Intestinos	3,06	3,01	3,04	12,21	0,8621
Cabeça	2,05	2,06	2,06	9,57	0,9725
Rabo	0,25	0,26	0,25	10,49	0,5723
Couro	4,22	4,29	4,25	10,11	0,8196
Patas	1,00	1,00	1,00	6,02	0,9103

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Na Tabela 25 são apresentados o comportamento ingestivo, expresso em horas diárias e a frequência de atividades comportamentais de borregos terminados em confinamento alimentados com silagens colhidas a duas alturas.

Para as variáveis relativas ao comportamento ingestivo expresso em horas dia⁻¹ (Tabela 25), não houve variação significativa entre os tratamentos para o tempo de ruminação, ócio, alimentação e abeberações, apresentando valores médios de 7,32; 11,38; 5,09 e 0,19 horas dia⁻¹, respectivamente.

O fornecimento de dieta independente da altura de colheita do milho para silagem, não influenciou na frequência de idas ao cocho para alimentação (33,5 vezes dia⁻¹) e consumo de água (12 vezes dia⁻¹), bem como na frequência de micções (7,88 vezes dia⁻¹) e defecações (16 vezes dia⁻¹). Vieira et al (2011), trabalhando com ovinos mestiços morada nova confinados, observaram o tempo de ruminação e alimentação similares ao presente trabalho, apresentando valores médios de 7,9 e 3,57 horas dia⁻¹, respectivamente. Porém observaram menores frequências de idas ao cocho de água (3,8 vezes dia⁻¹), bem como menor frequência de defecações (7,6 vezes dia⁻¹) e similares frequências de micções (7,88 vezes dia⁻¹).

Tabela 25: Comportamento ingestivo e frequência de atividades comportamentais de borregos terminados em confinamento alimentados com silagens colhidas a duas alturas.

Atividade	Altura de colheita (cm)		Média	CV, %	Probabilidade
	20	80			
	Duração (Horas dia ⁻¹)				
Ruminação	7,28	7,35	7,32	24,98	0,9586
Ócio	11,46	11,30	11,38	12,35	0,8812
Alimentação	5,02	5,16	5,09	16,79	0,8307
Abeberação	0,19	0,19	0,19	74,29	0,6529
	Frequência (Número de vezes dia ⁻¹)				
Alimentações	32,75	34,25	33,50	15,46	0,4003
Abeberações	11,00	13,00	12,00	37,88	0,5560
Micções	7,75	8,00	7,88	66,42	0,8952
Defecações	16,75	15,25	16,00	48,65	0,8936

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Na Tabela 26 são apresentados os teores de matéria seca e de nutrientes no esterco gerado pelos ovinos em confinamento alimentados com silagens colhidas a duas alturas.

Tabela 26: Teores de matéria seca e de nutrientes no esterco de ovinos em confinamento alimentados com silagens colhidas a duas alturas.

Altura de colheita (cm)	Nutrientes do esterco (%)					
	MS	N	P	K	Ca	Mg
20	27,83	2,23 a	0,63	1,11	1,41	0,41
80	28,67	2,36 b	0,62	1,13	1,41	0,43
Média	28,25	2,29	0,62	1,12	1,41	0,42
CV, %	6,55	2,39	15,60	14,04	11,07	4,46
Probabilidade	0,5891	0,0136	0,9722	0,8800	0,9480	0,2931

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Conforme a Tabela 26, os teores médios de MS, P, K, Ca e Mg presente nas fezes dos animais que foram alimentados com as diferentes silagens, não sofreram alterações ($P > 0,05$), apresentando em média 28,25%; 0,62%; 1,12%; 1,41% e 0,42% respectivamente. A única diferença ($P < 0,05$) foi observada nos teores de N nas fezes, sendo 2,23 % na altura de colheita de 20 cm e de 2,36% na altura de 80 cm.

Os teores dos nutrientes nas fezes de ovinos se assemelharam aos do esterco sólido de

bovinos, que apresenta em sua composição 1,5% de N, 0,61% de P, 1,25% de K, 0,8% de Ca e 0,5% de Mg na MS e os teores de alguns nutrientes do esterco sólido de suínos, que apresenta em sua composição 2,1% de N, 1,22% de P, 2,8% de Ca e 0,8% de Mg (CQFS RS/SC, 2004).

Os valores presentes na Tabela 26 foram utilizados para calcular o potencial de reposição de nutrientes ao solo pela adubação com o esterco produzido em cada dieta.

O balanço de nutrientes no solo após adubação do solo, extração pela planta, reciclagem via fitomassa remanescente e simulação de possível reciclagem via esterco estão descritos na Tabela 27.

Tabela 27: Balanço de adições e perdas do sistema de produção após o cultivo do milho submetido a duas alturas de colheita.

Dinâmica de Nutrientes no Sistema	Nutrientes (kg ha ⁻¹)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Fitomassa colhida a 20 cm do solo					
Fornecido via fertilização (F)	215,0	75,0	75,0		
Exportação pela forragem (E)	240,6	67,4	179,4 a	29,4 a	48,1
Reciclagem fitomassa remanescente (R)	6,9 a	0,3 a	18,7 a	1,7 a	2,7 a
Reciclagem/Adição via esterco (A) ¹	277,6	177,7	166,7	242,6	85,3
Extração pela fitomassa (B=E+R)	247,4	67,8	198,1	31,1	50,7
Saldo no solo (S=F-B)	-32,4	7,2	-123,1	-29,8 a	-50,7
Balanço 1 (S+R) ²	-25,6 b	7,6	-104,4 a	-28,1 a	-48,1
Balanço 2 (S+R+A) ³	252,1	185,3	62,3 a	214,5 a	37,2
Fitomassa colhida a 80 cm do solo					
Fornecido via fertilização (F)	215,0	75,0	75,0		
Exportação pela forragem (E)	210,6	66,4	131,6 b	21,1 b	40,4
Reciclagem fitomassa remanescente (R)	23,6 b	2,5 b	47,6 b	7,5 b	10,4 b
Reciclagem/Adição via esterco (A) ¹	259,6	156,8	149,1	215,8	78,1
Extração pela fitomassa (B=E+R)	234,3	69,0	179,2	28,6	50,8
Saldo no solo (S=F-B)	-19,3	6,0	-104,2	-21,1 b	-50,8
Balanço 1 (S+R) ²	4,4 a	8,6	-56,6 b	-13,6 b	-40,4
Balanço 2 (S+R+A) ³	263,9	165,3	92,6 b	202,1 b	37,7

¹ Esterco advindo de uma dieta contendo 50% de silagem + 50% alimento concentrado,

² Balanço não considerando a adição de esterco

³ Balanço considerando a adição de esterco

Médias seguidas por letras diferentes para a mesma variável na coluna diferem entre si pelo teste F a 5% de P

Ao transformar os valores de exportação de nutrientes para as fontes de fornecimento via fertilizante mineral observa-se que para a produção da silagem (forragem) a extração pela fitomassa foi constante ($P>0,05$) para ambos os tratamentos e para todos os nutrientes,

apresentando extrações médias decrescentes de $N > K_2O > P_2O_5 > MgO > CaO$, de 240,86; 188,65; 68,36; 50,76 e 29,82 kg ha⁻¹. Sendo que as adubações realizadas na cultura forneceram ao solo 215 kg ha⁻¹ de N, 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 75 kg ha⁻¹ de K₂O. Valores similares foram encontrados por Ueno et al. (2013) em trabalho com exportação de macronutrientes com o híbrido simples SG 6010 e com produção de 17.613 t MS ha⁻¹, com exportação de 241,31 kg ha⁻¹ de N; 96,50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 170,39 kg ha⁻¹ de K₂O; 48,47 kg ha⁻¹ de CaO e 63,74 kg ha⁻¹ de MgO.

Considerando os valores de fornecimento via adubação da cultura (Tabela 27), o cultivo para silagem gerou saldo negativo no solo de 25,86 kg ha⁻¹ de N, 113,65 kg ha⁻¹ de K₂O, 25,44 kg ha⁻¹ de CaO e 50,76 kg ha⁻¹ de MgO. Contudo, o único nutriente que ficou com saldo positivo no solo foi o P₂O₅ com 6,64 kg ha⁻¹ para a média de produção de silagem entre os tratamentos.

O desbalanço causado pela extração de nutrientes pela fitomassa foi amenizado pela reciclagem dos nutrientes através da reposição da fitomassa remanescente ao solo. Observou-se aumento ($P < 0,05$) desta reposição para todos os nutrientes com a colheita passando de 20 para 80 cm de altura. Os nutrientes de maior reposição via fitomassa remanescente em ordem decrescente foram: $K_2O > N > MgO > CaO > P_2O_5$. A reciclagem do K₂O via fitomassa remanescente aumentou 28,85 kg ha⁻¹ (18,74 contra 47,59) para os cortes a 20 e a 80 cm, respectivamente e do N aumentou em 16,76 kg ha⁻¹ passando de 6,88 kg ha⁻¹ com corte a 20 cm para 23,64 kg ha⁻¹ com corte a 80 cm. A quantidade de MgO passou de 2,65 para 10,43 kg ha⁻¹, o CaO de 1,71 para 7,48 e o P₂O₅ passou de 0,34 para 2,52 kg ha⁻¹ com a elevação da colheita de 20 para 80 cm.

Após a reposição da fitomassa remanescente obtivemos o Balanço 1 que teve diferenças ($P < 0,05$) para os nutrientes N, K₂O e CaO. Com o N incorporado pelos colmos a 20 cm não foi suficiente para equilibrar os teores no solo ficando 25,57 kg ha⁻¹ negativos, enquanto que com a colheita a 80 cm foi positivo o balanço do N no solo, em 4,37 kg ha⁻¹. O Balanço 1 de K₂O ficou melhor com a colheita a 80 cm porém ainda não suficiente para equilibrar o solo: -104,39 (20 cm) e -56,58 kg ha⁻¹ (80 cm). A mesma tendência do K₂O foi seguida pelo CaO e o MgO (-28,09 contra -13,60 kg ha⁻¹) e (-48,08 contra -40,36 kg ha⁻¹), respectivamente. Já o P₂O₅, que já estava positivo, passou para 7,58 kg ha⁻¹ na altura de colheita a 20 cm e para 8,56 kg ha⁻¹ a 80 cm.

A Reciclagem/Adição via esterco, que foi advinda potencialmente de 1 hectare de

milho, foi similar ($P>0,05$) para ambos os tratamentos (20 e 80 cm) em todos os nutrientes, alcançando potencial de reposição de 268,59 kg ha⁻¹ de N, 167,24 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 157,93 kg ha⁻¹ de K₂O, 229,18 kg ha⁻¹ de CaO e 81,67 kg ha⁻¹ de MgO.

Este balanço final positivo foi em decorrência dos volumes de nutrientes do esterco que foram advindos não somente da silagem, mas também pela ração que é rica em minerais. A dieta foi composta por 50% da MS de silagem + 50% da MS de ração balanceada.

Ambos os sistemas de produção em confinamento apresentaram plena capacidade de sustentabilidade de nutrientes no solo, e ainda, podendo contribuir com o enriquecimento do solo com nutrientes e reduzir os custos com fertilizantes minerais nos cultivos sucessivos. Neste trabalho, observa-se que se realocasse todo o esterco gerado não seria necessário adubar o solo com fertilizante mineral para uma nova produção de milho para silagem, exceto o N que é parcialmente perdido do esterco antes de ser repostado ao solo.

Levando em consideração o saldo de nutrientes resultante no solo após a colheita da fitomassa a diferentes alturas, conforme dados apresentados na Tabela 27, calculou-se o balanço de nutrientes final (Balanço 2) no solo que resultaria após a adubação orgânica, de acordo com o potencial de reposição do esterco de cada tipo de dieta. A prática de colheita de forragem de milho e alimentação de animais em confinamento com silagem, apesar de inicialmente resultar em maior déficit de nutrientes ao solo, após contabilização da possível reposição de nutrientes com o retorno pelo esterco à gleba de cultivo, possibilita excedente no solo de 257,99 kg ha⁻¹ de N, 175,31 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 77,44 kg ha⁻¹ de K₂O, 208,33 kg ha⁻¹ de CaO e 37,45 kg ha⁻¹ de MgO.

Ueno et al. (2013) após simulação da reposição de esterco de bovinos à gleba de cultivo, obtiveram excedente no solo de 182,97 kg ha⁻¹ de N, 301,90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 198,54 kg ha⁻¹ de CaO e 8,7 kg ha⁻¹ de MgO, porém, ainda restando um déficit de 30,4 kg ha⁻¹ de K₂O.

De acordo com a CQFS RS/SC (2004), os índices de eficiência que indicam a proporção dos nutrientes contidos no esterco bovino sólido e disponibilizados nos dois primeiros cultivos após a aplicação, teoricamente, para o N é de 30% no primeiro cultivo e 20% no segundo cultivo, para o P é de 80% no primeiro e 20% no segundo cultivo, o K é 100% disponibilizado já no primeiro cultivo, por não fazer parte de nenhum composto orgânico que necessite de mineralização microbiana. No entanto, o esterco de animais alimentados com rações mais concentradas apresenta maior disponibilidade inicial de

nutrientes para as plantas do que esterco de animais alimentados com volumosos ou criados a pasto. O esterco suíno, por exemplo, disponibiliza 80% do N já no primeiro cultivo, 90% do P no primeiro cultivo e 10% no segundo, e 100% do K no primeiro cultivo.

Portanto, considerando a eficiência de disponibilização dos nutrientes do esterco sólido de bovinos e contabilizando os déficits gerados com a colheita dos tratamentos, ainda assim, para a área onde foi colhida forragem a 20 cm sobraria para os cultivos sucessivos 76 kg ha⁻¹ de N e para a área de colheita de forragem a 80 cm remanesceria 79 kg ha⁻¹ de N, o P₂O₅ sobraria 148 kg ha⁻¹ e 132 kg ha⁻¹, para os cortes 20 e 80 cm respectivamente. Os saldos de K₂O permaneceriam os mesmos da Tabela 27, visto a eficiência de disponibilização de 100%.

Considerando estes saldos disponíveis no solo seria possível, segundo a recomendação de adubação orgânica e mineral da CQFS RS/SC (2004) para solos de média fertilidade, implantar mais uma cultura de milho com expectativa de colheita de 12.000 kg ha⁻¹ de MS de forragem, possibilitando a eliminação da adubação de P₂O₅ e K₂O e parcialmente do N devido a sua dinâmica.

A extração de nutrientes do solo depende do rendimento de fitomassa obtido e acúmulo de nutrientes nos componentes estruturais. É necessário disponibilizar às plantas as quantidades de nutrientes que estas tem capacidade e necessidade de extrair, no entanto, estes nutrientes disponíveis devem ser repostos pelas adubações orgânicas ou minerais de acordo com o saldo entre a exportação da fitomassa e da reposição via fitomassa remanescente.

Sendo assim, além das adubações necessitarem ser diferenciadas quando a colheita for destinada para grãos ou silagem, como já recomendada por vários órgãos de pesquisa, é também necessário diferenciar as doses de nutrientes de acordo com a altura de colheita. De acordo com Von Pinho et al. (2009), a adubação deve ser baseada na produtividade esperada e tipo de exploração, entretanto, essas recomendações apresentadas na forma de tabelas condizem a valores médios para um sistema radicular explorando um volume pré-determinado de solo, consistindo de um procedimento generalista que necessita ser ajustado a cada caso.

Os sistemas de produção de ovinos em confinamento alimentados com forragem colhida a 20 ou a 80 cm, quando mensurado o potencial de retorno de nutrientes pelos tipos de esterco, apresentaram capacidade de manutenção da sustentabilidade de nutrientes no solo. E ainda, podem contribuir com o enriquecimento da fertilidade e reduzir os custos com fertilizantes minerais nos cultivos sucessivos.

Na Tabela 28 são apresentados os dados da análise econômica do cultivo do milho para produção de silagem, contabilizando a remanescência de nutrientes ao solo via colmos e reposição via esterco gerado pelos ovinos em confinamento.

Tabela 28: Análise econômica do cultivo do milho para produção de silagem, contabilizando a remanescência de nutrientes ao solo via colmos e reposição via esterco.

Componentes do custo	Altura de colheita (cm)	
	20	80
Investimento (plantio a colheita)	(R\$ ha ⁻¹)	
Custo Total de produção sem remanescência	2.953,69	2.953,69
Remanescência de nutrientes (fitomassa remanescente)	(R\$ ha ⁻¹)	
Remanescência de N em Uréia	19,10	65,66
Remanescência de P ₂ O ₅ em Superfosfato simples	1,72	12,74
Remanescência de K ₂ O em Cloreto de Potássio	42,79	108,65
Remanescência Total NPK	63,61	187,05
Custo total com remanescência de colmos	2.890,07 a	2.766,64 b
Reposição via esterco	(R\$ ha ⁻¹)	
Reposição de N em Uréia	771,15	721,02
Reposição de P ₂ O ₅ em Superfosfato simples	898,44	792,51
Reposição de K ₂ O em Cloreto de Potássio	380,66	340,54
Reposição Total NPK	2.050,24	1.854,07
Custo total com reposição de esterco	839,83	912,57
Parâmetros produtivos de lavoura	(kg ha ⁻¹)	
Produção de fitomassa fresca	57.320	45.773
Produção de fitomassa seca	19.877	17.084
Custos total de lavoura	(R\$ t ⁻¹ de MS)	
Custo sem remanescência de fitomassa	149,40 a	173,61 b
Custo total com remanescência de fitomassa	146,21 a	162,57 b
Custo total com reposição de esterco	42,50 a	53,59 b

Na análise de custos da lavoura (Tabela 28), obteve-se um custo para a confecção da silagem de 2.953,69 R\$ ha⁻¹. Foi realizada uma simulação de reposição dos nutrientes via fitomassa remanescente para incorporar aos custos de produção, de forma que na produção de silagem foram somados os valores referentes à uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Sendo assim, o custo de produção da silagem corrigido para a reposição dos nutrientes diminuiu para 2.890,07 e 2.766,64 R\$ ha⁻¹ para a colheita a 20 e a 80 cm, respectivamente.

Além da reposição de nutrientes via fitomassa remanescente, foi também simulado a reposição de nutrientes via esterco. O volume de esterco repostado por hectare foi advindo do confinamento de ovinos que consumiram o volume de 1 hectare de silagem. Com a transformação do esterco em valores de adubos observamos que a reposição supera, em valores monetários 2 vezes a adubação química, com gasto de 971,26 R\$ ha⁻¹ em adubação

química e retorno médio de 1.952,16 R\$ ha⁻¹ advindos do esterco. Esta reposição elevada via esterco é explicada devido a dieta ser composta por 50% de silagem de milho e 50 % de ração.

O custo por hectare foi transformado em custo por tonelada de matéria seca de silagem e no custo sem considerar a reposição de nutrientes via fitomassa remanescente observou-se diferença estatística (P<0,05) entre os dois tratamentos, com diferença de 24,21 R\$ t⁻¹ entre a silagem colhida a 20 e a 80 cm. Este maior custo por tonelada de silagem é devido o menor volume de silagem produzido com a elevação da altura de colheita. Considerando a reposição dos colmos, a diferença entre os custos reduz para 16,36 R\$ ha⁻¹, com custo de 146,21 R\$ t⁻¹ a silagem colhida a 20 cm e 162,57 R\$ t⁻¹ colhida a 80 cm, porém ainda apresentando diferenças estatísticas (P<0,05) entre os tratamentos.

Já com a reposição do esterco advindo dos ovinos confinados o custo da silagem reduziu para 42,50 R\$ ha⁻¹ com colheita a 20 cm de altura e 53,59 R\$ ha⁻¹ colhida a 80 cm. A diferença de custo da silagem entre os cortes reduziu ainda mais, ficando em 11,09 R\$ ha⁻¹.

5.4 Conclusões

Com a elevação da altura de colheita, reduziu-se quantitativamente a produção de fitomassa seca por área, porém as plantas de milho e a silagem apresentaram menores teores de fibra em detergente neutro e ácido e maior NDT, determinando um maior valor relativo do alimento.

A elevação da altura de colheita do milho para silagem aumentou a digestibilidade aparente da matéria seca, o rendimento de carcaça, a conversão de carcaça e a eficiência de transformação de carcaça em borregos terminados em confinamento.

A reposição de nutrientes ao solo promovida pela incorporação da fitomassa remanescente e pelo esterco gerado pelos borregos confinados, alimentados com silagem e concentrado, apresentou capacidade de manter a sustentabilidade de nutrientes no solo e ainda, podendo contribuir com o enriquecimento do solo com nutrientes. Além de reduzir drasticamente o custo da silagem e a necessidade de uso de adubos minerais no plantio da cultura subsequente.

5.5 Referências Bibliográficas

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C. 1995. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington, D.C.: AOAC, 1995. 2000p.

BARRIÈRE, Y.; GUILLET, C.; GOFFNER, D.; PICHON, M. Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forage crops: a review. **Animal Research**, Les Ulis, v.52, n.3, p.193-228, 2003.

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**, Champaign, v.87, n.7, p.2172-2176, 2004.

BOLSEN, K.K. Silage Technology. In: AUSTRALIAN MAIZE CONFERENCE, 2., 1996, Queensland. **Proceedings...** Queensland: Gatton College, 1996. p.1-30.

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

CAETANO, H.; OLIVEIRA, M.D.S.; FREITAS JÚNIOR, J.E.; RÊGO, A.C.; CARVALHO, M.V.; RENNÓ, F.P. Bromatological evaluation of eleven corn cultivars harvested at two cutting heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.41, n.1, p.11-17, 2012.

CASTAÑEDA, F.G.; RAMOS, A.P.; HERNÁNDEZ, G.N. et al. Efecto de la densidad y altura de colheita in el rendimiento y calidad del forraje de maíz. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v.28, n.4, p.393-397, 2005.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Custo de produção – Culturas de Verão: Milho – Plantio direto – Alta tecnologia**. Brasília: CONAB, 2013a. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1276&ordem=titulo&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 01/04/2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Produtos e serviços – Indicadores da agropecuária: Preços dos insumos agropecuários**. Brasília: CONAB, 2013b. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/detalhe.php?a=1303&t=2>>. Acesso em: 01/04/2014.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Produção de Leite (Zona da Mata Atlântica) – Coeficiente Técnico: Custo de produção de silagem de milho**. Juiz de Fora: Embrapa gado de leite, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteZonadaMataAtlantica/custos/cpsilagemmilho.html>>. Acesso em: 01/04/2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis: apparatus reagents, procedures and some applications. Washington, D. C, [s.n.], **Agricultural Handbook**, p.379, 1970.

IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Versão 1.0. 2000. (formato digital, 1 CD).

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**, Newark, v.91 p.1451-1457, 2008.

LAUER, J. **Corn silage cutting height**. University of Wisconsin-Extension, 1998. Disponível em: http://www.uwex.edu/ces/forage/wfc/proceedings2001/corn_silage_cutting_height.htm. Acesso em: 30/01/2014.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

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

MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its uses in feed evaluation and ration formulation. In: TEIXEIRA, J.C.; NEIVA, R.S. (Eds). **Simpósio Internacional de Ruminantes**, 1992, **Anais...** Lavras: SBZ, 1992, p.01-32.

MULLER, L. **Normas para avaliação de carcaça e concurso de carcaças de novilhos**. 2 ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1987. 31p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Requirements of Sheep**. 6ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1985. 109p.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P.R.; RESTLE, J.; OST, P.R.; LUSTOSA, S.B.C.; FALBO, M.K. Ensilagem de milho (*Zea mays* L.) em diferentes alturas de colheita e tamanho de partículas: produção, composição e utilização na terminação de bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.6, n.3, p.379-397, 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: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4, 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: Sthampa, 2011. p.95-130.

NEYLON, J.M.; KUNG JUNIOR, L. Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Newark, v.86, n.6, p.2163-2169, 2003.

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, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001a. p. 127-145.

NUSSIO, L.G.; ZOPOLLATO, M.; MOURA, J.C. Metodologia de avaliação e aditivos. WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2. 2001, [Piracicaba, SP]. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001b. p.1-127.

OLIVEIRA, F.C.L. **Produtividade e valor nutritivo das silagens e composição mineral da forragem remanescente e híbridos de milho colhidos em diferentes alturas**. 2009. 43f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

OLIVEIRA, F.C.L.; JOBIM, C.J.; SIMILI, M.S.; CALIXTO JUNIOR, M.; BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; ROMAN, J. Produtividade e valor nutricional da silagem de híbridos de milho em diferentes alturas de colheita. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.4, p.720-727, 2011.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 40 p. (IAPAR. Circular 76).

PEDÓ, L.F.B.; NÖRNBERG, J.L.; VELHO, J.P.; HENTZ, F.; HENN, J.D.; BARCELLOS, J.O.J.; VELHO, I.M.P.H.; MARX, F.R. Fracionamento de carboidratos de silagens de milho safrinha colhidos em diferentes alturas de colheita. **Ciência Rural**, v.39, n.1, p.188-194, 2009.

RESTLE, J.; EIFERT, E.C.; BRONDANI, I.L. Produção de terneiros para abate aos 12 meses, alimentados com silagens de milho colhida a duas alturas de colheita, associadas a dois níveis de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: SBZ/Gmosis, [1999] 17par.CD-ROM. Nutrição de Ruminantes. NUR-143.

RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; BERNARDES, R.A.C.; ARBOITTE, M.Z.; ROSA, J.R.P. Manipulação do corte do sorgo (*Sorghumbicolor*, L. Moench) para confecção de silagem, visando a produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.3, p.1481-1490, 2002a.

RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L.; PASCOAL, L.L.; SILVA, J.H.S.; PELLEGRINI, L.G.; SOUZA, A.N.M. Manipulação da altura de colheita da planta de milho (*Zea mays*, L.) para ensilagem, visando a produção do superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.3, p.1235-1244, 2002b.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's Guide**: statistics, version 6. 4.ed. North Caroline, 1993.

v.2, 943p.

SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.; NESI, C.N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.1, 123- 131, 2007.

SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. Pesquisa de preços pagos pelos produtores. Curitiba: Departamento de Economia Rural – DERAL, 2013. Disponível em : < <http://www.agricultura.pr.gov.br/>>. Acesso em: 03/04/2014

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos, métodos químicos e biológicos**. 3ª ed. - 4ª reimpressão. Universidade Federal de Viçosa, 2009, 235p.

TEDESCO, M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C.A., BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995, 174p. (Boletim técnico, n.5).

TONETTO, C.J.; PIRES, C.C.; MÜLLER, L.; ROCHA, M.G; SILVA, J.H.S.; FRESCURA, R.B.M.; KIPPERT, C.J. Rendimento dos cortes de carcaça, características da carne e componentes do peso vivo em cordeiros terminados em três sistemas de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.234-241, 2004.

UENO, R.K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; REINEHR, L.L.; POCZYNEK, M.; MICHALOVICZ, L. Exportação de macronutrientes do solo em área cultivada com milho para alimentação de bovinos confinados. **Semina**, Londrina, v.34, n.6, p.3001-3018, 2013.

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JR., V.R.; CAPPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 329p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition, **Journal of dairy Science**, Champaign, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

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

VIEIRA, M.M.M.; CANDIDO, M.J.D., BOMFIM, M.A.D.; SEVERINO, L.S.; PEREIRA, E.S.; BESERRA, L.T.; MENESES, A.J.G.; FERNANDES, J.P.B. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com rações contendo quatro níveis de inclusão do farelo de mamona. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.4, p.444-451, 2011.

VON PINHO, G.R.; VASCONCELOS, R.C.; BORGES, I.D. Influência da altura de colheita 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.

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**. Extension publication DAS 03-72. Pennsylvania State University, College Park, 2005.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A melhor qualidade da silagem colhida em alturas mais elevadas foi visualizada também no maior desempenho apresentado pelos cordeiros confinados, com conseqüente melhor transformação da matéria seca consumida em produto. A qualidade da silagem é proporcionada pela maior participação de grãos na massa total, tendo o processamento dessa fração possibilidades de melhorias na conversão alimentar dos animais, sugerindo melhor aproveitamento da silagem e melhor resposta bioeconômica do sistema de produção de ovinos em confinamento. A diferença de desempenho dos animais entre os tratamentos poderia ser ainda maior se a fração concentrado representasse um menor peso, deixando a fração volumoso expressar ainda mais o seu potencial.

Na simulação de produção de leite por tonelada de silagem, quanto maior a altura de colheita, maior a produção. Na simulação de produção de leite por unidade de área observou-se o ponto de maior produção com a colheita da silagem de milho a 46,5 cm de altura. Nesse sentido, recomenda-se a colheita da lavoura de milho para produção de silagem de planta inteira a uma altura entre 40 e 50 cm. Esta recomendação pode servir como base para os produtores, porém não garantirá os mesmos resultados em todos os casos, pois irá depender do híbrido utilizado, do manejo de ensilagem e das condições do solo e clima, bem como do potencial genético dos animais e sistema de produção.

A manutenção de matéria orgânica através da biomassa remanescente, com a altura de colheita mais elevada, possibilita uma maior proteção ao solo e uma deposição de nutrientes que não foram extraídos para a silagem. As culturas sucessoras, por exemplo, as culturas de inverno, desempenham um papel fundamental para a ciclagem destes nutrientes no solo, maximizando a disponibilidade destes para as culturas subsequentes de interesse principal.

O sistema de terminação de ovinos em confinamento alimentados com silagem de planta inteira de milho e concentrado, quando mensurado o potencial de retorno de nutrientes pelo esterco, apresentou capacidade de manutenção da sustentabilidade de nutrientes no solo. E ainda, podendo contribuir com o enriquecimento dos nutrientes no solo e reduzir os custos com fertilizantes minerais nos cultivos subsequentes. Esta reposição de nutrientes via esterco dos animais para o solo depende muito dos níveis nutricionais da dieta total e do manejo adequado do esterco para evitar perdas de nutrientes por lixiviação ou volatilização.

Com o passar dos anos, a adubação do solo com esterco animal, na mesma área ou em áreas pequenas, pode causar excesso de alguns nutrientes e deficiência de outros. Esta prática,

ao invés de aumentar a produtividade das culturas, pode causar perdas de produtividade. Para tanto é de fundamental importância a análise do solo e a correção destes desvios através da prática da calagem ou gessagem e formulados específicos para reposição de um ou mais nutrientes.